13

Serie Agricultura

Cultivos hortícolas al aire libre

José Vicente Maroto Borrego
Carlos Baixauli Soria
(coordinadores)

cajamar
CAJA RURAL

Cultivos hortícolas al aire libre

Serie **agricultura** [**13**]

Cultivos hortícolas al aire libre

José Vicente Maroto Borrego
Carlos Baixauli Soria
(coordinadores)

cajamar
CAJA RURAL

Cultivos hortícolas al aire libre

© 2016 del texto y las imágenes que se reproducen (excepto mención expresa): los autores
© 2016 de la edición: Cajamar Caja Rural

Edita: Cajamar Caja Rural

www.publicacionescajamar.es
publicaciones@cajamar.com

ISBN-13: 978-84-95531-82-7
Depósito Legal: AL-94-2017

Diseño y maquetación: Beatriz Martínez Belmonte
Imprime: Escobar impresores
Fecha de publicación: enero de 2017

© **Imagen de cubierta**: Gettyimages (Ramón Cami; EyeEm)

Impreso en España / *Printed in Spain*

Cajamar Caja Rural no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva de sus autores.

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset *o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del* Copyright.

Presentación 23
Roberto García Torrente

Hortalizas aprovechables por sus raíces

Patata 29
Fernando Alonso Arce

1. Introducción 29
2. Características botánicas 32
3. Cultivo 35
   3.1. Riego y abonado 36
   3.2. Plantación 39
   3.3. Recolección y conservación 41
   3.4. Técnicas de cultivo 42
   3.5. Plagas y enfermedades de la patata 45
      3.5.1. Insectos 45
      3.5.2. Nematodos 45
      3.5.3. Bacterias 46
      3.5.4. Hongos 46
      3.5.5. Virus y fitoplasmas 46
4. Composición 46
5. Economía del cultivo 48
6. Retos y perspectivas 55
   6.1. Promoción del consumo 56
   6.2. Futuro de la semilla verdadera de patata (TPS) 56
   6.3. Futuro de las variedades de patata modificadas genéticamente (OMG) ... 57
   *6.4. Problema de la expansión de la pulguilla de la patata (*Epitrix similaris*)* ... 60

Referencias bibliográficas 60

Boniato 61
Alfredo Miguel Gómez

1. Introducción 61
2. Características botánicas 62
3. Cultivo 63
   3.1. Material vegetal 64
   3.2. Multiplicación de plantas 68
   3.3. Plantación 70
   3.4. Riego y abonado 74
   3.5. Recolección 74
   3.6. Plagas y enfermedades 76
      3.6.1. Plagas 76

3.6.2. Enfermedades 77
3.6.3. Fisiopatías 77
3.7. Curado y almacenamiento 78
4. Composición 78
5. Economía del cultivo 80
6. Retos y perspectivas 82
Referencias bibliográficas 83

Chufa 85
Bernardo Pascual y Nuria Pascual-Seva

1. Introducción 85
1.1. Generalidades 85
1.2. Hábitats y distribución actual 86
1.3. Encuadramiento taxonómico 87
1.4. Biología 88
2. Cultivo 90
2.1. Aspectos climáticos 90
2.2. Suelos 91
2.3. Labores preparatorias 91
2.4. Material vegetal 91
2.5. Plantación 92
2.6. Riegos 93
2.7. Fertilización 94
2.8. Labores de cultivo 94
2.9. Recolección 95
2.10. Accidentes, plagas y enfermedades 97
3. Composición nutricional y propiedades de los tubérculos 98
4. Elaboración y clases de horchata de chufa 100
5. Economía del cultivo 101
6. Retos y perspectivas 104
Referencias bibliográficas 104

Zanahoria 111
Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach, Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas, Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartolomé Cerdán, Rafael Domene Rubio y Susana Sanjuan Vidal

1. Introducción 111
2. Características botánicas 111
2.1. Morfología y anatomía 112
3. Cultivo 113
3.1. Aspectos climáticos 113

3.2. Suelos 114
3.3. Calendario de producción 115
3.4. Siembra y material vegetal 115
3.5. Control de malas hierbas 120
3.6. Plagas y enfermedades 121
3.7. Manejo de riego 121
3.8. Fertilización 122
3.9. Recolección 123
4. Composición nutricional y propiedades 124
5. Economía del cultivo 125
5.1. Importancia mundial 125
5.2. Situación en la UE-27 126
5.3. Comercio exterior de España 127
5.4. Situación actual en España 128
Referencias bibliográficas 129

Chirivía 131
Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach, Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas, Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartolomé Cerdán, Rafael Domene Rubio y Susana Sanjuan Vidal

1. Introducción 131
2. Características botánicas 131
2.1. Morfología y anatomía 132
2.2. Fisiología 132
3. Cultivo 132
3.1. Exigencias climáticas y edáficas 132
3.2. Siembra y semilla/variedades 133
3.3. Labores de cultivo 136
3.4. Manejo de riego 138
3.5. Fertilización 139
3.6. Plagas y enfermedades 140
3.7. Recolección 140
4. Composición 140
5. Economía del cultivo 141
Referencias bibliográficas 141

Nabo y colinabo 143
Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach, Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas, Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartolomé Cerdán, Rafael Domene Rubio y Susana Sanjuan Vidal

1. Introducción 143
2. Características botánicas 143

3. Cultivo 145
3.1. Exigencias climáticas y edáficas 145
3.2. Siembra y semilla/variedades 146
3.3. Control de malas hierbas 152
3.4. Gestión de riego 153
3.5. Fertilización 155
3.6. Plagas y enfermedades 156
3.7. Recolección 158
4. Composición 159
5. Economía del cultivo 160
Referencias bibliográficas 161

Hortalizas aprovechables por sus bulbos

Cebolla 165
Alfredo Miguel Gómez

1. Introducción 165
2. Características botánicas 165
2.1. Desarrollo de la planta 166
2.2. Exigencias ecológicas 169
3. Cultivo 170
3.1. Material vegetal 170
3.1.1. Variedades para seco 171
3.1.2. Variedades para cebolla tierna 173
3.2. Mejora genética 174
3.3. Modalidades de cultivo 175
3.3.1. Cebolla para «seca» 175
3.3.2. *Calçots* 177
3.4. Sistemas de producción 178
3.4.1. Densidad de plantación 178
3.4.2. Fecha de siembra 178
3.4.3. Semillero 179
3.4.4. Siembra directa 182
3.4.5. Trasplante a raíz desnuda 185
3.4.6. Trasplante con cepellón 185
3.4.7. Empleo de bulbillos 186
3.5. Calendario de producción 188
3.6. Riego y fertilización nitrogenada 189
3.7. Recolección 191
3.8. Control de malas hierbas 192
3.9. Almacenamiento y conservación 193
3.10. Plagas y enfermedades 194

4. Composición 195
5. Importancia económica y distribución geográfica 196
5.1. Análisis de rentabilidad 200
5.2. Perspectivas 201
Referencias bibliográficas 201

Ajo 203
José Vicente Maroto Borrego

1. Introducción 203
2. Taxonomía, descripción botánica y fisiología 203
3. Cultivo 206
3.1. Exigencias en clima y suelo 206
3.2. Fertilización 207
3.3. Material vegetal 207
3.4. Multiplicación 209
3.5. Labores de cultivo 209
3.6. Recolección 211
3.7. Cultivo de «ajos tiernos» 212
3.8. Mejora Genética 213
3.9. Accidentes, plagas y enfermedades 213
3.9.1. Plagas 213
3.9.2. Enfermedades 214
4. Composición 215
5. Economía del cultivo 216
Referencias bibliográficas 219

Puerro 223
Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach, Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas, Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartolomé Cerdán, Rafael Domene Rucio y Susana Sanjuan Vidal

1. Introducción 223
2. Características botánicas 223
3. Cultivo 224
3.1. Requerimientos edafoclimáticos 224
3.2. Plantación 224
3.3. Material vegetal 224
3.4. Semillero 225
3.5. Trasplante 226
3.6. Labores de cultivo 229
3.7. Control de plagas, enfermedades y fisiopatías 229
3.8. Manejo del riego 230
3.9. Fertilización 231

3.10. Recolección 232
3.11. Calendarios de producción 233
4. Propiedades nutritivas y compuestos del puerro 233
5. Economía del cultivo 234
5.1. Importancia mundial y europea 234
5.2. Cultivo en España, importaciones y exportaciones 234
5.3. Costes de producción 235
Referencias bibliográficas 236

Hortalizas aprovechables por sus hojas

Lechuga 239
Juan Antonio Marhuenda Berenguer y Juan García Vergara

1. Introducción 239
2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología 240
3. Cultivo 243
3.1. Material vegetal 243
3.2. Planificación del cultivo 245
3.3. Semillero 246
3.4. Siembra y plantación 248
3.5. Control de malas hierbas 251
3.6. Riego y fertilización 252
3.7. Plagas y enfermedades 254
3.7.1. Plagas 255
3.7.2. Enfermedades producidas por hongos 258
3.7.3. Enfermedades producidas por bacterias 259
3.7.4. Enfermedades producidas por virus 260
3.7.5. Desórdenes fisiológicos 260
3.8. Cosecha y acondicionamiento 261
4. Composición 264
5. Economía del cultivo 265
5.1. Importancia del cultivo de la lechuga 265
5.2. Costes de cultivo 269
6. Retos y perspectivas de futuro 270
Referencias bibliográficas 272

Escarola 275
Juan Antonio Marhuenda Berenguer y Juan García Vergara

1. Introducción 275
2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología 276
3. Cultivo 277

3.1. Material vegetal 280
3.2. Plagas y enfermedades 282
3.2.1. Plagas 282
3.2.2. Enfermedades 282
3.2.3. Enfermedades producidas por virus 283
3.2.4. Desórdenes fisiológicos 283
4. Composición 283
5. Importancia económica 284
5.1. Costes de producción 286
6. Retos y perspectivas de futuro 287
Referencias bibliográficas 287

Espinaca 289
Juan Antonio Marhuenda Berenguer y Juan García Vergara

1. Introducción 289
2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología 290
3. Cultivo 291
3.1. Material vegetal 294
3.2. Control de malas hierbas, plagas y enfermedades 295
4. Importancia económica 297
4.1. Costes de producción 299
5. Retos y perspectivas de futuro 300
Referencias bibliográficas 301

Acelga 303
Juan Antonio Marhuenda Berenguer y Juan García Vergara

1. Introducción 303
2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología 304
3. Cultivo 304
3.1. Plagas, enfermedades y fisiopatías de la acelga 309
4. Composición 310
5. Importancia económica 310
5.1. Costes de producción 312
6. Retos y perspectivas de futuro 312
Referencias bibliográficas 313

Apio 315
Josefa López Marín

1. Introducción 315
2. Características botánicas (taxonomía, morfología y fisiología) 315

3. Cultivo 317
3.1. Ciclos de cultivo 317
3.2. Material vegetal 318
3.3. Tecnología de cultivo 319
3.3.1. Siembra 319
3.3.2. Preparación del terreno 320
3.3.3. Trasplante 320
3.4. Riego y fertilización 321
3.5. Perfil epidemiológico 325
3.6. Malas hierbas 327
3.7. Fisiopatías 327
3.8. Recolección 328
3.9. Rendimientos 330
3.10. Poscosecha 330
3.11. Comercialización 331
4. Composición 333
5. Economía del cultivo 334
Referencias bibliográficas 337

Hortalizas aprovechables por sus inflorescencias

Alcachofa 341
Carlos Baixauli Soria

1. Introducción 341
2. Características botánicas, fisiología del crecimiento 341
3. Cultivo 344
3.1. Sistemas de multiplicación 344
3.2. Plantación 345
3.3. Recolección 346
3.4. Variedades de la alcachofa 350
3.5. Principales plagas y enfermedades 352
3.6. Fisiopatías 354
3.7. Cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla 357
4. Composición 361
5. Economía del cultivo 362
5.1. Producción mundial y nacional 362
5.2. Costes de producción de la alcachofa 365
6. Retos y perspectivas 366
Referencias bibliográficas 367

Bróculis, coliflores y coles 371
José Vicente Maroto Borrego y Carlos Baixauli Soria

1. Introducción 371
2. Encuadramiento taxonómico, descripción botánica y fisiología del crecimiento 372
   2.1. Encuadramiento taxonómico y descripción botánica 372
   2.2. Fisiología del crecimiento y la reproducción 377
      2.2.1. Coliflores y bróculi. Diversos autores 377
         2.2.1.1. Fase juvenil 377
         2.2.1.2. Fase de inducción floral 377
         2.2.1.3. Fase de formación de cogollos de preinflorescencias o inflorescencias 379
      2.2.2. Coles-repollo y coles de Bruselas 379
3. Cultivo 381
   3.1. Siembra 381
   3.2. Preparación del terreno y plantación 381
   3.3. Marcos de plantación 382
      3.3.1. Coliflor 383
      3.3.2. Bróculi 386
      3.3.3. Romanesco 387
      3.3.4. Minicoliflores 388
      3.3.5. Coles-repollo 389
      3.3.6. Coles de Bruselas 389
   3.4. Plantación y labores de cultivo 389
   3.5. Recolección 390
   3.6. Riego y fertilización 392
   3.7. Material vegetal 393
      3.7.1. Coliflor 393
      3.7.2. Bróculi 401
      3.7.3. Minicoliflores 402
      3.7.4. Coles-repollo 403
      3.7.5. Col de Bruselas 405
   3.8. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías 406
      3.8.1. Plagas 406
      3.8.2. Enfermedades 410
      3.8.3. Fisiopatías 412
4. Composición y propiedades 415
5. Economía del cultivo 418
   5.1. Producción mundial 418
   5.2. Comercio exterior en España 422
   5.3. Situación actual en España 424

5.4. Costes de cultivo 431
6. Retos y perspectivas 432
Referencias bibliográficas 433

Hortalizas aprovechables por sus frutos

Tomate de industria 437
Juan Ignacio Macua González, Carlos Campillo Torres e Inmaculada Lahoz García

1. Introducción 437
2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)....438
3. Cultivo 439
3.1. Plantación 440
3.2. Riego y fertilización 443
3.3. Recolección 447
3.4. Nuevos tipos y cultivares 449
3.5. Plagas y enfermedades 452
4. Composición 455
5. Economía del cultivo 457
5.1. Comercio exterior 459
6. Costes de producción 461
7. Retos y perspectivas 463
Referencias bibliográficas 464

Pimiento 471
Luis Fernando Condés Rodríguez

1. Introducción 471
2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)....471
3. Cultivo 476
3.1. Material vegetal 476
3.2. Semillero 477
3.3. Preparación del suelo 478
3.4. Trasplante 478
3.5. Fertilización 480
3.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías 481
3.6.1. Plagas 482
3.6.1.1. Araña Blanca: Polyphagotarsonemus latus *Banks* (Actinotrichida: Tarsonemidae) 482
3.6.1.2. Araña Roja: Tetranychus urticae *Koch,* T. turkestani *Uga.* (Actinotrichidae: Tetranychidae) ...483
3.6.1.3. Mosca Blanca: Bemisa tabaci *Gennadius,* Trialurodes vapororiorum *Westwood* (Homóptera: Aleyrodidae) ...484

3.6.1.4. Noctuidos: Spodoptera exigua *Hübner,* Heliothis armigera *Hübner (*Lepidóptera: Noctuidae*)*.....485
3.6.1.5. Pulgones: Mizus persicae *Sulzer,* Aphis gossypii *Glover (*Homóptera: Aphididae*)* 488
3.6.1.6. Trips: Frankliniella occidentalis Pergande *(*Thysanoptera: Thripidae*)* 489
3.6.2. Enfermedades 489
3.6.2.1. Podredumbre gris: Botrytis cinerea Pers. 489
3.6.2.2. Oidiopsis: Leveillula taurica (Lev.) Arnaud.....490
3.6.3. Fisiopatías.....491
3.6.3.1. Podredumbre apical 491
3.6.3.2. Golpe de sol 492
3.6.3.3. Cracking.....493
3.6.3.4. Temperaturas insuficientes.....493
3.6.3.5. Cristales de oxalato cálcico 494
3.6.3.6. Stip.....495
3.6.3.7. Humedad relativa baja 495
3.6.3.8. Color spot 495
4. Propiedades nutritivas y compuestos bioactivos 496
5. Economía del cultivo.....497
5.1. En el mundo 497
5.2. En España 499
5.3. Particularidades regionales.....501
5.3.1. Navarra.....501
5.3.2. Castilla-La Mancha.....502
5.3.3. Galicia 503
5.3.4. Otras comunidades autónomas 503
6. Retos y perspectivas.....505
Referencias bibliográficas.....506

Berenjena 509
Carlos Baixauli Soria

1. Introducción 509
2. Características botánicas.....509
3. Cultivo.....511
3.1. Preparación del suelo 511
3.2. Material vegetal 511
3.3. Plantación 515
3.4. Riego y fertilización 517
3.5. Poda y entutorado 519
3.6. Recolección.....520
3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías.....522

4. Composición 527
5. Economía del cultivo 528
6. Retos y perspectivas 531
Referencias bibliográficas 532

Sandía 535
Carlos Baixauli Soria

1. Introducción 535
2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía) 535
3. Cultivo 537
3.1. Plantación 537
3.2. Sistemas de semiforzado 539
3.3. Riego y fertilización 544
3.4. Recolección 545
3.5. Cultivo de sandía sin semillas 547
3.6. Nuevos tipos y cultivares 549
3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías 552
3.7.1. Plagas 552
3.7.2. Enfermedades, principales virosis y control de malas hierbas 553
3.7.3. Fisiopatías 555
3.8. El injerto de la sandía 555
4. Composición 559
5. Economía del cultivo 559
5.1. Comercio exterior 562
5.2. Producción nacional 563
5.3. Costes de producción de sandía al aire libre 564
6. Retos y perspectivas 564
Referencias bibliográficas 565

Melón 569
Antonio L. Alarcón Vera y Salvador Fuentes Pedreño

1. Introducción 569
1.1. Origen y situación del cultivo 569
2. Características botánicas 571
2.1. Descripción de la planta 571
2.2. Descripción taxonómica y tipos de melón 572
2.3. Variedades 575
3. Cultivo del melón 576
3.1. Siembra y plantación 576
3.2. Densidades y marcos de plantación 577
3.3. Sistemas de cultivo 577
3.4. Recolección 579

3.5. Requerimientos nutricionales del melón 580
3.5.1. Requerimientos generales 580
3.5.2. Fertirrigación en melón 582
3.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías del melón 585
3.6.1. Plagas 585
3.6.2. Enfermedades, principales virosis 585
3.6.3. Fisiopatías 586
4. Importancia económica del cultivo 588
5. Costes de producción 591
Referencias bibliográficas 592

Calabacín 595
Josefa López Marín

1. Introducción 595
2. Características botánicas (taxonomía, morfología y fisiología) 595
2.1. Taxonomía 595
2.2. Morfología 595
2.3. Fisiología 598
2.4. Suelos 599
2.5. Agua 599
3. Cultivo 599
3.1. Ciclos de cultivo 599
3.2. Material vegetal 600
3.3. Tecnología de cultivo 602
3.4. Siembra 602
3.5. Trasplante 603
3.6. Semiforzado 604
3.7. Tutorado 605
3.8. Limpieza de órganos no aprovechables: hojas, flores y frutos 605
3.9. Polinización 606
3.10. Malas hierbas 606
3.11. Riego y fertilización 606
3.12. Perfil epidemiológico 608
3.13. Plagas 609
3.14. Enfermedades 611
3.15. Fisiopatías 613
3.16. Recolección 614
3.17. Posrecolección 614
3.18. Comercialización 615
4. Composición y usos 617
5. Economía del cultivo 618
Referencias bibliográficas 622

Calabaza 625
Alfonso Giner Martorell y José Mariano Aguilar Olivert

1. Introducción 625
2. Encuadramiento taxonómico y descripción botánica 626
3. Cultivo 630
   3.1. Siembra 630
   3.2. Preparación del terreno y plantación 632
   3.3. Sistemas de semiforzado 633
   3.4. Riego y fertilización 637
      3.4.1. Fertilización 637
      3.4.2. Riego 639
   3.5. Material vegetal. Tipos y cultivares 639
   3.6. Recolección y conservación 642
   3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías 644
      3.7.1. Plagas 644
      3.7.2. Enfermedades 646
      3.7.3. Virosis 650
      3.7.4. Accidentes y fisiopatías 651
4. Composición y propiedades 653
5. Economía del cultivo 656
   5.1. Comercio exterior 658
   5.2. Producción nacional 662

Referencias bibliográficas 664

Fresón 667
Salvador López Galarza

1. Introducción 667
2. Características botánicas 668
3. Fisiología 670
4. Cultivo 674
   4.1. Material vegetal 674
   4.2. Viveros y material de plantación 677
   4.3. Manejo del cultivo 681
   4.4. Fertirrigación 686
   4.5. Fisiopatías, plagas y enfermedades 688
   4.6. Tecnologías especiales 691
   4.7. Recolección y poscosecha 692
5. Composición nutricional y propiedades nutracéuticas 695
6. Economía del cultivo 696
   6.1. Costes de producción 698
7. Retos y perspectivas 698

Referencias bibliográficas 699

Hortalizas aprovechables por sus semillas

Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas 703
José Ignacio Cubero

1. Generalidades 703
2. Judías 706
   2.1. Características botánicas, origen y domesticación 706
   2.2. Clima y suelo 707
   2.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética 707
   2.4. Sistemas de cultivo 709
   2.5. Enfermedades y plagas más importantes 713
   2.6. Usos 714
   2.7. La judía de verdeo en la nutrición 715
   2.8. Importancia y producción 715
3. Guisante 716
   3.1. Características botánicas, origen y domesticación 716
   3.2. Clima y suelo 717
   3.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética 717
   3.4. Sistemas de cultivo 721
   3.5. Enfermedades y plagas más importantes 723
   3.6. Usos 725
   3.7. El guisante de verdeo en la nutrición 726
   3.8. Importancia y producción 726
4. Habas 727
   4.1. Características botánicas, origen y domesticación 727
   4.2. Clima y suelo 728
   4.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética 729
   4.4. Sistemas de cultivo 732
   4.5. Enfermedades y plagas más importantes 734
   4.6. Usos 736
   4.7. Las habas de verdeo en la nutrición 736
   4.8. Importancia y producción 737
5. La conservación de la variedad 737
6. Retos y perspectivas 740

Referencias bibliográficas 740

Otros cultivos hortícolas

Otros cultivos hortícolas 745
José Vicente Maroto Borrego

1. Hortalizas de hoja 745
   1.1. Coles chinas 745

1.2. Hinojos.....751
1.3. Perejil.....755
1.4. Eneldo.....759
1.5. Hortalizas orientales.....761
1.6. Hortalizas de hoja principalmente destinadas a la IV gama.....767
2. Hortalizas de fruto y/o semilla.....769
2.1. Fruto.....769
2.1.1. *Phisalis* y/o «Alquequenjes».....769
2.1.2. Pepino dulce.....771
2.1.3. Okra.....775
2.2. Maíz dulce.....777
Referencias bibliográficas.....783

Presentación

La diversidad agroambiental de España ha permitido que se desarrolle en nuestro país una amplia variedad de cultivos hortícolas. Geográficamente no existe región o comarca en la que no se puedan encontrar pequeñas o grandes explotaciones, que satisfacen las necesidades de autoconsumo de los productores o intentan conseguir una rentabilidad económica en los mercados. Igualmente, desde el punto de vista estacional, los diferentes requerimientos climáticos permiten que en un mismo territorio pueda variar la oferta hortícola según la época del año.

Si además se mezclan las variables geográficas y las necesidades ambientales se puede actuar con los cultivos desplazándolos en latitud y altitud, lo que permitirá mantener una oferta prácticamente constante de una determinada especie hortícola a lo largo de todo el año. Todas estas características, junto al saber hacer, la experiencia acumulada y la profesionalidad alcanzada por todos los agentes que intervienen en la cadena de valor de la horticultura española, han convertido a nuestro país en una gran potencia mundial en la producción y comercialización de hortalizas.

En el año 2015 el valor de la producción nacional alcanzó los 7.000 millones de euros, con más de 14,5 millones de toneladas, siendo el segundo subsector en importancia de la agricultura española, detrás de la fruta. En Europa ningún país produce más hortalizas que España.

Y la competitividad del sector se pone de manifiesto cuando el 48 % se destina a la exportación, principalmente hacia la UE. Somos el mayor exportador hortícola del mundo, con un fuerte crecimiento en los últimos años, muestra inequívoca del progresivo afianzamiento de los productos españoles en los principales mercados de consumo europeos. Y confiamos en que las exportaciones van a seguir creciendo y jugando un papel fundamental en la dinamización de la horticultura española.

Con esta publicación hemos querido diferenciar las producciones que se obtienen al aire libre de aquellas cultivadas bajo invernadero. En primer lugar, porque ya en trabajos anteriores editados por Cajamar Caja Rural se habían abordado

los principales cultivos protegidos. Pero fundamentalmente por las diversas necesidades de manejo y porque englobar dentro del mismo manual todas ellas hubiera dado lugar a una obra excesivamente amplia.

De esta forma, se ha abordado el análisis de 32 especies hortícolas. Todo ello bajo la intensa y laboriosa dirección del profesor José Vicente Maroto Borrego y de Carlos Baixauli Soria, que han coordinado los trabajos realizados por 26 profesionales. Desde estas líneas queremos expresarles nuestro más sincero agradecimiento por el esfuerzo realizado para sintetizar todo su conocimiento en unas pocas páginas.

El objetivo que perseguimos con este tipo de publicaciones es ofrecer instrumentos de trabajo que permitan mejorar la profesionalidad de todos los que se dedican al sector agroalimentario, y en este caso particular al hortofrutícola. La obra tiene una orientación eminentemente práctica, a lo que ha contribuido la colaboración de expertos del mundo de la empresa con especialistas de la academia. También se han organizado los distintos capítulos siguiendo una estructura homogénea, lo que da homogeneidad a la monografía y facilita la consulta.

Esperamos dar respuesta a las necesidades de un público muy amplio y diverso: desde el agricultor que busca pequeños consejos para mejorar las técnicas que utiliza, hasta los estudiantes de las diversas ramas de formación en agronomía, pasando por los numerosos profesionales que en los ámbitos del asesoramiento agronómico, de la gestión y de la comercialización contribuyen a que la horticultura española siga creciendo.

El trabajo realizado hasta ahora por todos ellos ha sido merecedor del reconocimiento de los mercados, pero tenemos que seguir mejorando para dar respuesta a nuevos retos como la sostenibilidad de los sistemas productivos, es decir, obtener mayores rendimientos con un menor consumo de insumos claves como son el agua, los fertilizantes o los fitosanitarios. O a la creciente demanda de la sociedad de productos saludables, dentro de los cuales las hortalizas ocupan un papel central. Así como aprovechar la tendencia hacia el consumo de proximidad, que permitirá rentabilizar determinadas zonas con el cultivo de hortalizas destinadas a los mercados locales de los grandes núcleos de población.

Fieles a nuestro compromiso de apoyo al desarrollo del sector agroalimentario, desde Cajamar siempre hemos confiado que el conocimiento es un factor clave para alcanzar el éxito. A través de la labor de transferencia, materializada en publicaciones y jornadas, queremos contribuir a la divulgación de las mejores prácticas. Y con el diseño de una adecuada oferta de productos y servicios financieros apoyaremos las inversiones y el crecimiento de nuestros socios y clientes.

El sector hortofrutícola español ha demostrado su capacidad para crecer y competir en un entorno globalizado. La evolución reciente ha sido muy positiva, pero confiamos en las oportunidades que se nos siguen presentando y en que nuestras hortalizas sigan conquistando nuevos mercados.

Roberto García Torrente
Director de Innovación Agroalimentaria
Cajamar Caja Rural

Hortalizas aprovechables por sus raíces

Patata

Fernando Alonso Arce
Centro de Control de la Patata de Castilla y León

1. Introducción

Se acepta en la actualidad que las primeras variedades silvestres de patata crecieron en la costa chilena, hace cerca de 13.000 años, mucho antes del desarrollo de la agricultura. La abundancia de especies nativas en los Andes sugiere que esta planta 'viajó' a estas tierras de forma muy rápida. De todas maneras, se considera todo un récord que hace 8.000 años ya pobladores andinos hubieran domesticado la patata

Los conquistadores españoles llegaron a América en busca de oro, pero el verdadero tesoro que trajeron de regreso a Europa fue la papa o patata. Aunque los incas la llamaban «papa», la mayoría de los españoles la denominamos «patata», posiblemente por una confusión con otro tubérculo americano, la batata. Hoy día se le sigue llamando papa en Canarias y algunas zonas de Andalucía, pero en el resto de España se la conoce como patata.

En 1596, el botánico Luizo Gaspond Baukin le dio el nombre de *Solanum tuberosum*, denominación que tuvo algunas implicaciones negativas porque la población la relacionaba con otras plantas de la familia de las solanáceas, que contenían alcaloides.

En esa época y posteriormente, la gente aseguraba que la patata causaba dolor de cabeza, embotaba los sentidos, contaminaba el organismo y propiciaba la aparición de la 'sangre maligna', causante de fiebre y enfermedades infecciosas. Si lo anterior no fue suficiente para condenar a la patata, un rumor aparecido en Francia e Inglaterra acabó de hacerlo: decían sus habitantes que este tubérculo causaba la lepra.

La patata no dejó de ser considerada como una curiosidad botánica, para pasar a ser un cultivo normal hasta mediados del siglo XVIII, a pesar del hecho de que en Sudamérica era una planta cultivada normalmente.

Con la ayuda del rey Guillermo Federico de Prusia, del francés Parmentier y del inglés Sir Walter Raleigh, la patata acabó popularizándose en Europa. Guillermo Federico ordenó a los campesinos que plantasen y comiesen patatas, bajo la amenaza de que si no lo hacían les cortaba la nariz.

En agosto de 1845 apareció en Irlanda el mildiu, una enfermedad producida por el hongo *Phytophtora infestans*; debido a su tardía llegada y a su irregular distribución ese año solo se produjeron algunas pérdidas debidas a podredumbres después de recolectada la patata, pero al año siguiente, en agosto de 1846, prácticamente la totalidad del cultivo estaba destruido en Irlanda, privando a la población de su principal fuente de alimentación.

Los peores efectos de la gran «hambruna» irlandesa se dejaron sentir en 1847 cuando aparecieron: el escorbuto, la disentería, el cólera y el tifus, produciendo una gran mortandad y haciendo que muchos irlandeses emigrasen, principalmente a Estados Unidos de América. Los irlandeses no olvidarán las terribles consecuencias de esta gran hambruna que se llevó un millón y medio de vidas y que obligó a emigrar a otro millón de personas.

La elevación del nivel de vida ha transformado las costumbres alimentarias y la patata ha dejado de ser un alimento de base, para ser empleada cada vez más como verdura de acompañamiento.

De esta manera, una planta confinada en Sudamérica hasta finales del siglo XVI, se ha transformado con el paso de 400 años en el cultivo que ocupa el cuarto lugar en el *ranking* mundial en cuanto a producción, la primera detrás de los cereales: trigo, arroz y maíz. Y en lo que respecta a la producción de proteínas por hectárea, únicamente es superada por la soja.

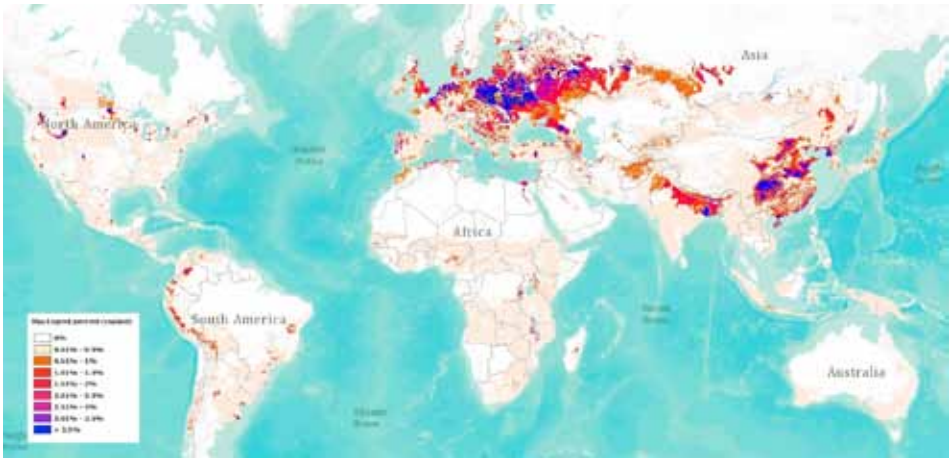
Actualmente, se cultiva en prácticamente todo el mundo, siendo en los países tropicales donde más dificultades presenta su producción.

En los países desarrollados la tendencia es a una disminución del consumo de la patata fresca y en todo el mundo se produce un sostenido aumento de la demanda de productos procesados (patatas fritas en hojuelas, patatas prefritas congeladas, patatas prepeladas envasadas, tortilla de patata, etc.) por efecto de la expansión de locales de cadenas de comida rápida, comidas preparadas y el aumento del consumo de *snacks*.

Otros factores que influyen en la disminución del consumo de patata fresca en los países desarrollados son la incorporación de las mujeres como fuerza laboral, el crecimiento de la población urbana con ingresos en constan-

te aumento, el turismo que se alimenta en locales de comida rápida, la fama que tiene de ser un alimento que engorda, etc.

Figura 1. Producción de patata en el mundo



Fuente: Mapas RTB.

Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, tanto la producción como el consumo de patata están aumentando de manera clara y está pasando de ser un artículo de lujo a un alimento masivo de la población. Es el caso de muchos países de Asia, África y Sudamérica, con China e India a la cabeza.

La patata destinada al consumo animal ha disminuido por el desplazamiento de la explotación agrícola familiar hacia la producción de mayor escala y especialización, por los elevados costes del procesamiento para ese fin y, sobre todo, por los precios más competitivos de los cereales. Hasta no hace mucho, en algunos países como Polonia, Ucrania y otros del Este de Europa, se destinaban a alimentación animal la mitad de las patatas producidas en esos países.

En cuanto al uso de la patata de siembra, la tendencia de todas las áreas productoras del mundo es a economizar al máximo su uso, debido a que este insumo es el más costoso de la producción. Dentro de estas tendencias están el usar para plantar tubérculos troceados en vez de tubérculos enteros, la mejora de la calidad del tubérculo de siembra y el crecimiento del uso de la semilla sexual o semilla verdadera.

2. Características botánicas

La patata cultivada pertenece a la familia *Solanaceae*, pariente del tomate, pimiento, berenjena, tabaco, petunia, mandrágora o belladona, por nombrar alguna de las más de 2.000 especies presentes en esta familia.

La mayoría de las variedades de patata cultivadas en la actualidad pertenecen a la especie tetraploide *Solanum tuberosum*, aunque en Sudamérica se siguen cultivando algunas variedades de especies diploides, como de *Solanum phureja*, que tiene la ventaja de que sus tubérculos no tienen período de dormancia (es decir, el tubérculo inicia inmediatamente su brotación después de formado, sin que medie un período de reposo o dormición). Esta característica permite que las variedades de *Solanum phureja* puedan ser replantadas inmediatamente después de la recolección en aquellas zonas de climas benignos, en las cuales es posible el cultivo continuo a lo largo de todo el año.

La patata es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, pero puede ser considerada como perenne potencial, debido a su capacidad de reproducirse vegetativamente por medio de tubérculos.

La planta de patata está compuesta por una parte aérea que crece sobre el suelo, en la que destacan tallos, hojas, flores y frutos y otra parte que crece subterránea y que corresponde a estolones, tubérculos y raíces.

La parte aérea desarrolla los procesos de fotosíntesis y respiración, necesarios para formar hidratos de carbono que serán transportados a zonas de crecimiento aéreo, y subterráneo.

El tallo, que es grueso, fuerte, anguloso, con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, se origina en las yemas del tubérculo. Las hojas son imparipinnadas. Cada hoja consta de nueve o más foliolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción en el tallo. Además de tallos aéreos, la planta tiene tallos subterráneos; los primeros son de color verde y contienen un alcaloide tóxico, la solanina, que puede formarse también en los tubérculos cuando estos se exponen prolongadamente a la luz y se verdean. Los tallos subterráneos o estolones son relativamente cortos y se convierten en su extremidad, en tubérculos.

El fruto es una baya redondeada de color verde más o menos oscuro hasta incluso morado, que se vuelve amarilla al madurar.

Las raíces de la planta son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo su desarrollo de que el suelo esté o no mullido.

Morfológicamente, *el tubérculo* es un tallo subterráneo, acortado, engrosado y provisto de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. En cada ojo existen normalmente 3 yemas, aunque en ocasiones pueden ser más. Una yema es, en consecuencia, una rama lateral del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados y todo el tubérculo es un sistema morfológico ramificado y no una simple rama.

En la superficie de los tubérculos existen yemas distribuidas en forma helicoidal, abundando sobre todo en la zona distal, opuesta al punto de inserción sobre el estolón, llamada corona o roseta, en contraposición a la zona donde se inserta el estolón, llamada ombligo. Los ojos suelen ser más profundos en la parte de la corona.

Las yemas de la corona normalmente se desarrollan primero. Cuando la yema apical es arrancada o se muere, otras yemas son estimuladas para desarrollarse. Cada ojo es capaz de producir un gran número sucesivo de brotes, dependiendo del tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono, aunque hay determinadas variedades que cuando son desbrotadas un número no muy alto de veces, ya no son capaces de volver a brotar, como es el caso de la variedad *Jaerla*.

También en la superficie del tubérculo observamos las lenticelas, que son pequeños orificios que permiten la respiración del mismo. Estas lenticelas son más notorias en suelos con exceso de humedad y con dificultades de aireación.

En un corte transversal del tubérculo, observamos:

- La piel con dos zonas diferenciadas: epidermis o zona más exterior y peridermis.
- Corteza.
- Anillo vascular.
- La médula externa e interna.

La médula interna es la parte más traslúcida y con un alto contenido de agua y con ramificaciones hacia los ojos. El tamaño y la forma de los tubérculos es sumamente variable; hasta hace no mucho tiempo, la selección de las variedades cultivadas de patata ha seguido la dirección de obtener tubérculos cada vez mayores, aunque en la actualidad se da mucha más importancia en el proceso de obtención de nuevas variedades a que estas produzcan gran número de tubérculos de un tamaño lo más uniforme posible.

Figura 2. Corte transversal de un tubérculo de patata

El tubérculo es una parte vegetal viva en cuyo interior ocurren diversos procesos bioquímicos, además de la respiración y la transpiración. Una vez cosechados los tubérculos, entran en reposo de días, semanas o meses entre la recolección y el inicio de la brotación.

Este período de reposo es variable dependiendo de diversos factores. Dentro del mismo se distinguen 2 subperíodos:

- Dormancia, o reposo propiamente dicho: es una característica de la mayoría de las variedades de patata, por la que un tubérculo recién recolectado no brota, aunque esté en unas condiciones ideales de temperatura y humedad, hasta que no transcurre un período de tiempo más o menos largo, cuya duración depende de cada variedad. En este período las yemas se encuentran inactivas, sin procesos de diferenciación de tejidos ni división celular, aun cuando esté en condiciones ambientales apropiadas para su desarrollo.
- Latencia: en este período, las yemas han completado su diferenciación de tejidos pero sin crecimiento de brotes, debido a que no existen condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa o iluminación favorables.

Cada variedad de patata tiene un período de reposo diferente. También influye en la duración del estado del mismo la madurez de los tubérculos en el momento de la recolección: los tubérculos completamente maduros tienen un período de dormancia más corto que aquellos cosechados en estado inmaduro.

Otros factores que afectan al reposo son el tipo de suelo y las condiciones ambientales durante el crecimiento de los tubérculos; la longitud de la dormancia de un cultivar varía de un año a otro, dependiendo de las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del cultivo.

Así, patatas producidas bajo condiciones de temperaturas altas, particularmente a finales del período de crecimiento, tienen una dormancia más corta. En campañas con temperaturas medias bajas y veranos húmedos, la dormancia es más corta. En los suelos más arenosos que se calientan más que los arcillosos, se producen tubérculos con dormancia más corta.

Las condiciones de almacenaje son un factor muy importante en cuanto a la longitud del período de dormancia: los tubérculos almacenados entre 10 y 20 ºC tienen una dormancia inferior que aquellos conservados entre 2 y 10 ºC.

Por otro lado si en almacenaje ocurre una alternancia de temperaturas, es decir suceden cambios continuos de temperaturas altas y bajas, el período de reposo se acorta de manera muy importante.

El almacenaje a luz directa o difusa acorta este período de reposo. Los tubérculos atacados por enfermedades, insectos, daños mecánicos presentan un período de dormancia inferior a aquellos sanos.

El corte o troceado del tubérculo estimula una rápida brotación.

En cuanto a la latencia, una vez pasado el período de dormancia, se suele conseguir mantener los tubérculos sin brotación mediante el almacenaje a temperaturas de alrededor de 4 ºC y mediante el uso de productos antigerminantes.

3. Cultivo

Aunque la patata puede multiplicarse por semillas y por esquejes, en la práctica, la multiplicación es casi siempre vegetativa, haciéndose por medio de los tubérculos, que producen brotes en las yemas u ojos.

Para que la planta de patata crezca y se formen los tubérculos de forma óptima se requiere de luz, temperatura adecuada, humedad y nutrientes que deben estar en el medio donde esta planta se desarrolla.

Prácticas como un suministro adecuado de nutrientes, abastecimiento de agua en el momento oportuno, clima con temperaturas medias diurnas de 18 a 24 ºC y nocturnas por debajo de los 15 ºC y una alta intensidad lumínica favorecerán el desarrollo de las plantas.

Después de la plantación, o incluso antes, el tubérculo de siembra desarrolla brotes y raíces. Si el tubérculo/semilla ha desarrollado brotes antes de plantación, formará inmediatamente raíces y la emergencia se acelera. En determinados sistemas de producción se hace una prebrotación de la simiente para adelantar y uniformizar el cultivo. La humedad del suelo es necesaria para la formación de raíces y el temprano crecimiento de la planta. Unas condiciones de baja humedad y baja temperatura retrasan la emergencia, pero si la humedad es alta y las temperaturas son bajas, la emergencia también se retrasa y además se desarrollan enfermedades como la viruela de la patata (*Rhizoctonia solani*).

La temperatura ideal de brotación es de alrededor de 18 ºC. Las inferiores a esta cifra retrasan los procesos de brotación y emergencia y las superiores pueden estresar el tubérculo y generar enfermedades, sobre todo si se ha plantado simiente troceada.

3.1. Riego y abonado

La patata es planta exigente en humedad abundante y regular. En España la mayor parte se cultiva en regadío para poder obtener buenas producciones, aunque se puede plantar en secano en la cornisa cantábrica y en Galicia donde las lluvias suelen ser abundantes, y también en las zonas de medianías en las Islas Canarias.

Este cultivo requiere un terreno bastante mullido y aireado, por lo que las labores preparatorias del suelo serán en profundidad y se realizarán con el tempero adecuado para que quede muy fino. En cuanto a la textura del terreno, lo ideal son suelos francos, pero este cultivo prefiere los sueltos y arenosos a los fuertes y arcillosos. La preparación adecuada del terreno va a ser un factor fundamental en la producción final obtenida.

El cultivo prefiere los suelos ricos en humus o materia orgánica, pero los restos vegetales o materia orgánica sin descomponer o estiércol poco hecho suelen producir problemas fitosanitarios, debidos normalmente a ataques de hongos; en cambio, son malos los suelos fuertes y compactos porque no permiten la aireación e intercambio de gases.

La patata responde muy bien a las aportaciones de abonos orgánicos. Por otra parte, el estercolado mejora la estructura y las condiciones físicas del suelo, lo que beneficia el desarrollo de los tubérculos.

El estiércol debe ser incorporado algún tiempo antes de la siembra para que no favorezca el desarrollo de las enfermedades, sobre todo de la bacteria que produce la sarna común (*Streptomyces scabies*) y del hongo que produce la viruela de la patata (*Rhizoctonia solani*). Si se aporta abonado orgánico, se debe hacer con estiércol muy hecho. La dosis óptima se encuentra entre 25-30 t/ha. Si se sobrepasa esta cifra se corre el riesgo de obtener un desarrollo de la vegetación exagerado e indeseable y una reducción de la producción de tubérculos.

El nitrógeno es importante para favorecer el crecimiento y dar grandes rendimientos asegurando la máxima producción fotosintética en las hojas. Es necesario tanto para la formación de hojas y tallos como para el crecimiento de las raíces y los tubérculos. La cantidad total de nitrógeno a aportar variará con el ciclo de la variedad y el tiempo que la vegetación necesita ser mantenida, con las pérdidas potenciales por lavado y con el potencial productivo de tubérculos de cada variedad. Un aporte grande de nitrógeno en las primeras fases del cultivo puede conducirnos a un excesivo desarrollo vegetativo a expensas de la formación de tubérculos. Cuando tenemos deficiencia de nitrógeno, las hojas son verde amarillentas o pálidas, las plantas son pequeñas con tallos finos y mueren prematuramente y el rendimiento del cultivo es bajo por producirse menos tubérculos y ser estos de tamaño más pequeño.

El ácido fosfórico en la planta de patata tiene las siguientes funciones: adelanta la madurez, aumenta el contenido en sólidos, principalmente fécula o almidón del tubérculo y favorece el desarrollo radicular temprano, además de proporcionar energía para la extracción y transporte de iones por la planta. Una adecuada disponibilidad de fósforo al inicio de la tuberización aumenta el número de tubérculos formados. Después de dicho momento, el fósforo es un componente esencial para la síntesis, transporte y almacenaje del almidón en los tubérculos. La deficiencia de fósforo se manifiesta en que los foliolos más viejos se curvan hacia arriba, apareciendo manchas necróticas en los márgenes. Las plantas son más pequeñas, con los tallos delgados y los tubérculos pueden desarrollar manchas marrones, como de herrumbre, en su interior.

La planta de patata absorbe gran cantidad de potasio a lo largo de todo el período de cultivo. El potasio desempeña un papel muy importante en el balance hídrico de la planta y en el control de la concentración de iones en los tejidos de la misma, incluidos los estomas. Como resultado de la mejora en

la fortaleza celular que proporciona el potasio, la planta puede tolerar mejor el estrés debido a humedad, temperatura, etc. El potasio también favorece la asimilación clorofílica y facilita la migración de la fécula de los órganos verdes a los tubérculos. La deficiencia de potasio se manifiesta en que los foliolos adquieren un color verde oscuro a azulado, con un brillo metálico bronceado. Aparecen pequeñas manchas necróticas marrones, primero en los márgenes y después se extienden rápidamente a toda la superficie del foliolo. Los foliolos se curvan hacia abajo y adquieren una forma ondulada. A medida que la deficiencia avanza, el follaje se marchita y muere. En los tubérculos aparecen manchas negras y se oscurecen rápidamente al ser cortados.

Algunas veces la patata acusa la carencia de magnesio, aunque normalmente los estiércoles suelen contener este elemento. Hay que ser cuidadosos con los abonos con un alto contenido de potasio, porque el potasio puede bloquear al magnesio. Conviene que los abonos lleven azufre porque la patata es bastante exigente en este elemento; así que si nuestros suelos no tienen un pH muy bajo, abonaremos preferentemente con superfosfatos, sulfatos, etc.

La patata es un cultivo especialmente exigente en nitrógeno y potasio. Se admite que las extracciones de nutrientes para una producción de 50 t/ha son de 175 UF de nitrógeno, 80 UF de fósforo y 325 UF de potasio.

Los valores de nutrientes absorbidos varían en función, por un lado, de la duración del ciclo, de la variedad, etc., y por otro, de la disponibilidad de los mismos y del rendimiento. De forma orientativa podemos decir que las necesidades, expresadas en kilogramos de elementos nutritivos por tonelada de tubérculos producidos, son:

$$3{,}5\text{-}5 \text{ kg N/t, } 1{,}5\text{-}2 \text{ kg } P_2O_5\text{/t y } 6\text{-}10 \text{ kg } K_2O\text{/t}$$

Las patatas responden de manera muy importante a la disponibilidad de NPK en el momento de la plantación. Un aporte equilibrado de nutrientes, a menudo con magnesio y azufre aplicado a la vez, asegura un buen comienzo en el cultivo de patata.

El pH ideal del terreno para este cultivo está comprendido entre 5,5 y 7, circunstancia más frecuente en los terrenos arenosos, aunque tolera los muy ácidos con un pH de hasta 5. También puede cultivarse en suelos arcillosos y calizos, llegando a tolerar un pH igual e incluso superior a 8. En los calizos,

además de estar limitada la disponibilidad de los nutrientes para la planta, es donde son más frecuentes los ataques de la bacteria que produce la sarna común (*Streptomyces scabies*).

En las rotaciones de cultivos se recomienda introducir la patata cada 4 o 5 años, ya que resulta difícil evitar parte de los rebrotes de los tubérculos que quedan en el terreno, sobre todo después de una recolección mecanizada y, por otra parte, impedir la conservación de las plagas y enfermedades en el suelo. La patata se da muy bien después de un cultivo de cereales, siendo además una excelente precedente para la mayor parte de los cultivos.

El agricultor, para obtener una buena cosecha, debe plantar patata de siembra certificada que ha sido controlada por un organismo oficial y con garantía de sanidad en cuanto a plagas y enfermedades, vigor vegetativo y pureza varietal.

La patata es una planta poco exigente con las condiciones edáficas, afectándole solamente los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo.

3.2. Plantación

La dosis adecuada de simiente utilizada en la plantación varía en función de la variedad plantada, del destino que se le vaya a dar a la producción obtenida, de las condiciones de fertilidad del suelo, del calibre de la semilla plantada, etc. Esa dosis varía entre los 1.000 y los 2.500 kg/ha. Cada tubérculo, o trozo del mismo, debe tener un mínimo de 2 yemas. Se trata de conseguir una densidad de plantación de 35.000 a 55.000 plantas/ha. La elección de la densidad de plantación no tiene repercusión directa sobre el rendimiento global de la producción, aunque si esta es muy elevada, puede dar lugar a tubérculos más pequeños, debido a una mayor competencia por la luz, agua y nutrientes.

La profundidad de la plantación puede ir desde los 5 a los 15 cm, dependiendo del tipo de suelo, aunque lo más normal es que se ponga a una profundidad de unos 7-8 cm; después de nacida se pueden hacer aporcados sucesivos, aunque los modernos sistemas de cultivo hacen una preparación minuciosa del terreno antes de la plantación y se planta a surco definitivo, se aplica el herbicida de preemergencia y no se da ningún aporcado posterior.

Figura 3. Máquina plantando patata

Referente a las necesidades de agua, la planta no debe soportar estrés hídrico en ningún momento, sobre todo en la nascencia, aunque por otra parte, el exceso de humedad tampoco es bueno pues detiene el desarrollo de los tubérculos, favorece enfermedades criptogámicas como la viruela de la patata o el mildiu o enfermedades bacterianas como el pie negro y disminuye el peso específico de los tubérculos. Por estas razones la patata prefiere los suelos sueltos y bien drenados. Las alternancias de períodos secos y húmedos dan lugar a modificaciones en la velocidad de engrosamiento de los tubérculos, ya que son el origen de ciertos defectos como: grietas, corazón hueco, segundos crecimientos, etc. Antes de la tuberización, un ligero déficit hídrico favorece el desarrollo de las raíces.

Vegeta bien donde hay temperaturas templadas y humedad ambiental. No soporta las temperaturas excesivas y es particularmente sensible a la sequía. Sin embargo, la humedad, del aire favorece los ataques de mildiu, por lo que debe tenerse en cuenta esta circunstancia.

Es un cultivo bastante sensible a las heladas tardías, ya que producen retraso y disminución de la producción. La parte aérea de la planta se hiela a una temperatura de 0 ºC, aunque puede llegar a rebrotar. Los tubérculos corren el riesgo de helarse en el momento en que las temperaturas sean inferiores a -2 ºC.

3.3. Recolección y conservación

La defoliación es una operación que se suele realizar en muchos cultivos de patatas, siendo obligatoria en la producción de patata de siembra; el objetivo de esta operación es destruir las matas antes de la recolección. La finalidad de la destrucción de las matas es controlar el engrosamiento y acumulación de materia seca en los tubérculos, evitar las contaminaciones de virosis al final del cultivo y, en ocasiones, sirve para evitar que el hongo que produce el mildiu pase de la parte aérea de la planta a los tubérculos. Además, la defoliación contribuye a facilitar las operaciones de recolección.

Figura 4. Defoliación de la patata previa a la recolección

Según el destino de la producción, la defoliación se realiza mediante diferentes métodos:

- Arranque mecánico de matas.
- Eliminación térmica de la parte aérea.
- Desgarro y trituración de las matas.
- Eliminación química.

La recolección, junto al almacenamiento, es una de las operaciones más delicadas en el cultivo de la patata. Se debe efectuar cuando las matas toman un color amarillento, se vuelven quebradizas y se secan. Si se trata de patata temprana, la recolección se realiza estando las plantas aún verdes. En su recolección y transporte se debe procurar no golpearlas ni dejarlas al sol.

El mercado es cada vez más exigente en cuanto a la presentación de las patatas y una práctica muy frecuente es el lavado o el cepillado, siendo la finalidad de ambas operaciones la eliminación de la tierra que se acumula sobre los tubérculos. Estos no deben presentar daños, ya que el lavado puede contribuir a la aparición de podredumbres bacterianas, sobre todo si estos presentan heridas.

La conservación o almacenaje de las patatas es una etapa muy importante en todo el proceso, ya que limita las pérdidas de peso, impide la brotación, el desarrollo de enfermedades y mantiene la calidad de los tubérculos. Para una buena conservación, las patatas se deben mantener en locales provistos de ventilación para controlar la temperatura, humedad y el contenido en dióxido de carbono.

Las temperaturas de conservación dependen del destino de la cosecha y de la duración del almacenamiento. El porcentaje óptimo de humedad para una buena conservación está alrededor del 85-90 % para que los tubérculos no pierdan mucha humedad, pero cuánto más alta sea la ambiental, mayor será el riesgo de pérdidas por acción de patógenos. Si el período de conservación es muy prolongado se emplean productos antigerminantes, que impiden o retrasan la brotación.

3.4. Técnicas de cultivo

Las técnicas de cultivo usadas en la producción de patata han ido cambiando con el tiempo. Actualmente, la preparación del terreno se hace utilizando maquinaria muy sofisticada en algunos casos. Primero se da una labor de alzado y dependiendo de si el terreno es menos o más pedregoso, se pasa un rotocultivador para desmenuzar la tierra, con o sin formador de caballones o se pasa una máquina con una anchura de trabajo de dos surcos que criba las piedras y terrones, acumulándolos a un lado en el fondo del surco. De esta forma, el terreno donde crecen los tubérculos está libre de incómodas y perjudiciales piedras durante el cultivo de patata y en el siguiente cultivo el terreno vuelve a su estado originario en cuanto al contenido y distribución de las piedras.

Después de preparado el terreno, podemos formar los caballones previamente a la «patata de siembra» o bien formarlos en el momento de la plantación. En ambos casos, la plantación más frecuente se efectúa con plantadoras que no necesitan alimentación manual, en las que todas las operaciones se realizan automáticamente, siendo la propia máquina la que selecciona el trozo de patata del interior de la tolva y lo lleva hasta el terreno, sin intervención alguna de los operarios. La forma de selección del trozo de patata es normalmente por copas o cangilones, pero también puede ser por pinchos; este sistema se debe evitar en lo posible por el peligro de contaminación de los tubérculos semilla a través de la herida ocasionada, a partir de un tubérculo contaminado.

En cuanto a la densidad de plantación, esta depende del destino de la patata producida. Los tubérculos que se utilizan como materia prima para hacer patatas pre fritas congeladas deben ser de gran tamaño, mientras que las destinadas a la producción de patatas *chips* deben ser de tamaño mediano. La densidad de plantación afecta tanto a la producción total como al tamaño del tubérculo. En general, para obtener un rendimiento de 40-60 t/ha, con una alta proporción de tubérculos grandes, es suficiente plantar de manera que tengamos de 12 a 15 tallos/m^2, lo que supone de 35.000 a 55.000 plantas/ha. El número exacto de plantas por hectárea depende de la variedad, el tamaño y la edad de la simiente, el tipo de suelo y el uso final del cultivo. Simientes más grandes producen más tallos, y tubérculos bien brotados producen más tallos que simientes demasiado jóvenes o viejas. En función de lo dicho anteriormente deberemos elegir el marco de plantación.

La producción de patatas depende de la cantidad de radiación solar que recibe el cultivo, por lo que logrando un desarrollo temprano, se aumenta la producción. Entre los factores que llevan al pronto desarrollo del cultivo podemos destacar: una densidad de plantación más alta, simientes bien pregerminadas, plantaciones no demasiado profundas, un suelo húmedo pero no demasiado frío, y un sistema de plantación en el que las distancias entre los caballones no sean demasiado anchas. Pero no todo es blanco o negro, porque mientras estos factores aumentan la producción, algunos de ellos pueden reducir la calidad de la patata obtenida, debido al hecho de que las altas densidades de plantación hacen aumentar el número de tubérculos producido por metro cuadrado pero reducen el tamaño de los mismos. Con distancias estrechas entre los surcos, tendremos caballones más pequeños y aumenta el riesgo de obtener tubérculos verdes.

La plantación se suele efectuar a surco definitivo, es decir, que una vez efectuada la plantación se aplica el herbicida de preemergencia y no se vuelve a tocar el suelo hasta el arranque. Posteriormente, se coloca el equipo de riego, por aspersión lo más habitual, ya sea con equipos móviles, pívot o tuberías enterradas, pero también puede ser por goteo. El riego a manta o por inundación es cada vez menos usado por la ineficiencia en el uso del agua.

La recolección más habitual se hace de forma mecanizada con cosechadoras, bien arrastradas o bien autopropulsadas y de 1 o 2 lineas. Todavía hay zonas en las que por disponibilidad de mano de obra o porque se quiere evitar el golpeo de las patatas durante la recolección, esta se efectúa de forma manual, arrancando mecánicamente los tubérculos, dejándolos sobre el terreno y recogiéndolos a mano.

Figura 5. Cosechadora de patata

Figura 6. Recolección manual tras el arranque mecanizado

3.5. Plagas y enfermedades de la patata

A continuación vamos a citar las plagas y enfermedades más importantes en el cultivo de la patata:

3.5.1. Insectos

- Escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*).
- Gusano de alambre (*Agriotes* spp.).
- Gusanos grises (*Agrotis* spp.).
- Pulgones vectores (*Myzus persicae, Macrosiphum euphorbiae, Aulacortum solani*, etc.).
- Polilla o palomilla (*Phtorimaea operculella*).
- Polilla del tomate (*Tuta absoluta*).
- Pulguilla de la patata (*Epitrix similaris*).

3.5.2. Nematodos

- Nematodo del quiste de la patata (*Globodera rostochiensis y G. pallida*).
- Nematodo formador de nódulos (*Género Meloidogyne*).

3.5.3. Bacterias

- Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).
- Necrosis bacteriana (*Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*).
- Sarna común (*Streptomyces scabies*).
- Pie negro, podredumbre blanda (*Pectobacterium carotovorum, Dickeya dianthicola*).

3.5.4. Hongos

- Mildiu o tizón tardío (*Phytophtora infestans*).
- Alternaria o tizón temprano (*Alternaria solani*).
- Sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*).
- Sarna plateada (*Helminthosporium solani*).
- Sarna verrugosa (*Synchytrium endobioticum*).
- Viruela de la patata (*Rhizoctonia solani*).
- Gangrena (*Phoma exigua*).
- Fusariosis (*Fusarium solani*).

3.5.5. Virus y fitoplasmas

- Virus del enrollado (PLRV).
- Virus Y (PVY).
- Virus Rattle.
- Punta morada (Fitoplasma Stolbur).

4. Composición

Es parte de los mitos de las dietas que el comer carbohidratos como la patata engorda. Los especialistas nos dicen que es una falsedad.

Podemos decir que por sí misma, la patata no engorda, y la saciedad que produce su consumo puede en realidad, ayudar a las personas a mantener la línea. Al ser rica en fibras, que favorecen la impresión de saciedad, nos permite reducir la ingestión total de alimentos Sin embargo, la preparación y consumo de las patatas con ingredientes de gran contenido de grasa aumenta el valor calórico del producto (72-80 cal/100 g).

Este tubérculo es un alimento rico en hidratos de carbono, de gran importancia en nuestra alimentación cotidiana, por lo que los expertos en nutrición recomiendan su consumo a diario, junto con verduras, ensaladas, legumbres y purés. Los hidratos de carbono, junto con los azúcares, son una gran fuente de energía para el correcto funcionamiento de nuestro cuerpo. El almidón es un componente de la patata con propiedades emolientes, es decir suavizantes de la piel, que consigue disminuir inflamaciones, calmar el dolor y rebajar las zonas hinchadas.

Valores medios de los principales componentes de la patata:

- Agua: 75 %.
- Sólidos totales: 25 %.
- Proteína: 2,1 %.
- Grasa: 0,1 %.
- Fibra total: 1,7 %.
- Almidón: 16 %.
- Carbohidratos totales: 21 %.
- Potasio: 440 mg/100 g.
- Magnesio: 20 mg/100 g.
- Fósforo: 72 mg/100 g.
- Calcio: 10 mg/100 g.
- Vitamina C: 17 mg/100 g.

Las tres cuartas partes de la patata pelada es agua. La patata posee una cantidad moderada de hierro, pero el gran contenido de vitamina C (que es un antioxidante) favorece la absorción de este mineral. La patata es una de las hortalizas más ricas en vitamina C, aportando de 10 a 15 mg/100 g. Además, cuenta con vitaminas B1, B2, B3 y B6, y otros minerales como potasio, calcio, fósforo y magnesio, además de oligoelementos y antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento. El potasio de la patata nos ayuda a combatir la presión arterial por sus características tanto vaso dilatadoras como diuréticas. La vitamina B1 desempeña un papel esencial en el sistema nervioso y participa en la transformación de glúcidos en energía. El hierro es un oligoelemento indispensable

para el organismo, porque permite el transporte de oxígeno por la sangre, a través de los glóbulos rojos.

5. Economía del cultivo

La patata es un producto que se adapta bien a climas y suelos muy diferentes, por lo que su cultivo está extendido por casi todas las regiones del mundo.

Como se ve en las tablas que se adjuntan, la región del mundo donde más patata se produce, con mucha diferencia, es Asia, destacando China e India.

Tan importante como las producciones son las tendencias que se pueden observar en las Tablas 1 y 2 donde se presentan las superficies y producciones de los últimos 14 años, tanto en los continentes como en los principales productores mundiales, además de en España.

Se observa que en los países desarrollados está bajando la producción de patata de forma muy clara mientas que en los países en vías de desarrollo de Asia, África y América está aumentando. Llama la atención el caso de África, donde en estos 14 años considerados, la producción de patata ha aumentado más de un 130 %. También nos fijamos en el aumento de un 45 % en China y de un 82 % en India, aportando el conjunto de estos dos países el 37,5 % de la producción mundial.

Si sumamos las producciones de China, Rusia, India y Ucrania, vemos que estos cuatro países producen el 51,5 % del total mundial.

En cuanto a la Unión Europea, el país destacado es Alemania seguido de Francia, Holanda, Polonia y Reino Unido con producciones muy similares.

En la Unión Europea, Alemania, Holanda, Francia, Reino Unido y Bélgica forman el grupo NEPG (North-Western European Potato Growers) y dominan el comercio de patata, destacando Holanda en la producción y comercio de patata de siembra y controlando el comercio mundial de la semilla.

España está en una posición intermedia, dentro de los países de la Unión Europea, ocupando la octava plaza dentro de los 28 países que componen la UE, aunque es el de mayor calendario anual de producción de patatas.

Tabla 1. Evolución por continentes y países productores de la superficie plantada de patata en los últimos 14 años. En hectáreas

Año	Mundo	Europa	Asia	África	América	Oceanía	Unión Europea	España	China	Rusia	India	Ucrania
2000	**20.087.979**	9.113.689	7.974.975	1.256.526	1.688.424	54.365	**3.330.827**	118.754	4.723.430	3.229.060	1.340.900	1.631.000
2001	**19.703.998**	8.846.686	7.832.915	1.347.541	1.625.193	51.663	**3.160.360**	115.126	4.718.800	3.216.200	1.211.300	1.604.700
2002	**19.173.267**	8.327.081	7.842.890	1.265.648	1.688.657	48.991	**2.748.010**	110.146	4.667.500	3.198.110	1.259.500	1.592.300
2003	**19.122.148**	8.136.380	7.850.187	1.414.849	1.673.528	47.204	**2.620.234**	101.101	4.522.600	3.175.000	1.337.200	1.586.900
2004	**19.248.713**	7.918.546	8.102.923	1.568.309	1.611.334	47.601	**2.501.027**	102.120	4.596.700	3.130.000	1.484.700	1.556.000
2005	**19.353.597**	7.584.526	8.496.490	1.663.260	1.560.413	48.908	**2.320.032**	94.998	4.880.900	3.070.510	1.523.900	1.515.900
2006	**18.419.283**	7.362.857	7.847.148	1.557.170	1.604.685	47.424	**2.289.939**	87.199	4.214.520	2.962.420	1.569.200	1.461.500
2007	**18.648.818**	7.155.970	8.223.164	1.583.934	1.641.150	44.600	**2.227.532**	85.728	4.430.300	2.851.660	1.742.800	1.453.300
2008	**18.166.955**	6.267.915	8.649.912	1.633.606	1.565.859	49.663	**2.158.213**	81.825	4.663.400	2.097.000	1.796.000	1.408.900
2009	**18.689.449**	6.270.540	9.031.630	1.755.620	1.587.265	44.394	**2.096.223**	85.366	5.085.810	2.182.400	1.828.300	1.411.800
2010	**18.693.600**	6.100.378	9.183.636	1.808.390	1.553.848	47.348	**2.019.378**	79.162	5.205.060	2.109.100	1.835.300	1.411.900
2011	**19.256.815**	6.134.281	9.551.646	1.926.115	1.601.452	43.320	**1.948.475**	79.865	5.424.010	2.202.600	1.863.200	1.443.000
2012	**19.375.521**	5.980.169	9.756.986	1.958.097	1.634.585	45.683	**1.817.113**	73.900	5.531.950	2.197.200	1.907.000	1.444.100
2013	**19.337.071**	5.725.555	9.892.467	2.045.990	1.627.583	45.476	**1.753.557**	71.100	5.614.600	2.087.824	1.992.200	1.391.625

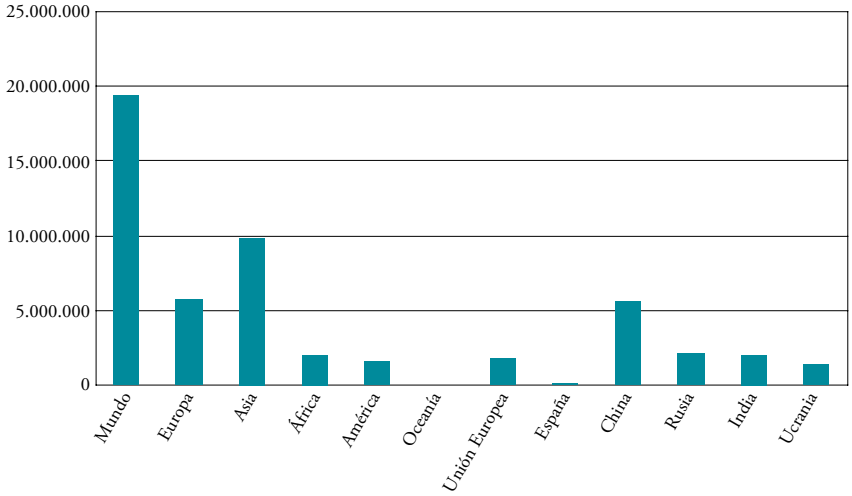
Fuente: FAO.

Tabla 2. Evolución por continentes y países productores de las producciones de patata en los últimos 14 años. En toneladas

Año	Mundo	Europa	Asia	África	América	Oceanía	Unión Europea	España	China	Rusia	India	Ucrania
2000	**327.600.195**	149.121.091	121.429.273	13.213.784	42.133.549	1.702.498	**84.142.796**	3.078.059	66.275.000	33.979.460	25.000.100	19.838.100
2001	**311.236.888**	137.647.570	117.881.215	14.750.938	39.151.524	1.805.641	**74.638.738**	2.992.422	64.564.000	34.965.160	22.242.700	17.343.500
2002	**316.440.572**	132.595.463	127.019.344	13.738.117	41.250.857	1.836.791	**72.796.683**	3.078.140	70.185.000	32.870.840	24.456.100	16.619.500
2003	**314.758.486**	130.236.135	125.466.227	15.486.179	41.819.955	1.749.990	**63.938.175**	2.664.955	68.095.000	36.746.512	23.161.400	18.453.000
2004	**336.198.284**	140.951.709	135.428.722	16.727.556	41.276.896	1.813.401	**71.360.062**	2.773.567	72.220.000	35.914.240	27.925.800	20.754.800
2005	**326.692.819**	130.629.307	136.507.540	18.641.068	39.123.305	1.791.599	**62.742.789**	2.563.464	70.865.000	37.279.820	28.787.700	19.462.400
2006	**307.353.515**	126.488.412	119.214.127	18.700.586	41.196.537	1.753.853	**57.260.894**	2.515.001	54.026.000	38.572.640	29.174.600	19.467.100
2007	**323.911.546**	131.132.171	130.574.732	18.601.400	41.907.876	1.695.367	**64.049.713**	2.479.582	64.790.000	36.784.200	28.599.600	19.102.000
2008	**329.921.509**	121.787.705	144.456.481	21.632.618	40.135.971	1.908.734	**61.818.502**	2.145.171	70.780.000	28.846.360	34.658.000	19.545.400
2009	**334.734.460**	123.938.512	145.836.731	22.358.707	40.873.769	1.726.742	**63.124.605**	2.719.291	73.230.500	31.133.960	34.390.900	19.666.100
2010	**333.617.253**	107.684.233	159.073.745	25.527.484	39.526.019	1.805.772	**57.216.440**	2.326.654	81.533.500	21.140.540	36.577.300	18.705.000
2011	**375.076.702**	129.380.652	175.251.227	27.274.789	41.508.409	1.661.625	**62.334.528**	2.455.101	88.290.500	32.681.470	42.339.400	24.248.000
2012	**370.594.695**	116.558.312	179.257.847	29.254.486	43.682.429	1.841.620	**54.619.773**	2.168.800	92.762.500	29.532.530	41.483.000	23.250.200
2013	**376.452.524**	114.294.794	187.218.888	30.498.584	42.603.427	1.836.830	**53.467.951**	2.199.600	95.941.500	30.199.126	45.343.600	22.258.600

Fuente: FAO.

Gráfico 1. Superficie destinada al cultivo de patata en 2013. En hectáreas



Fuente: FAO.

Figura 7. Vista aérea de un ensayo de variedades de patata

En España se cultivan muchas variedades, con propiedades que se diferencian según su adaptación al medio. Hay patatas más precoces o tempranas y más tardías, pero es importante diferenciar cuándo la patata es nueva o recién recolectada y cuándo se ha sometido a conservación.

A fecha de marzo de 2016, el catálogo europeo de variedades de patata contiene 1.660 variedades diferentes registradas, que pueden ser comercializadas dentro de los países de la Unión Europea.

Cada año, las empresas europeas obtentoras de nuevas variedades de patata ensayan en España semillas de sus nuevas obtenciones, tratando de introducirlas de forma masiva en nuestro mercado. Para ello cuentan con el apoyo y la colaboración de comerciantes y almacenistas españoles, cuya principal fuente de ingresos es la simiente de patata que venden más que la patata de consumo que comercializan posteriormente.

El sistema que tienen montado estas empresas, principalmente holandesas y francesas es que su representante en cada zona vende la semilla de sus variedades, de manera que el agricultor tiene que comprarle la simiente que le imponga, para que ese mismo comerciante le compre a su vez las patatas obtenidas en su cultivo; en ocasiones, el comerciante le financia la simiente al agricultor, de forma que el coste de la misma se descuenta del valor pagado por la producción de patatas entregadas.

Con esta forma de proceder, cada año se intentan introducir nuevas variedades que, salvo excepciones, no prosperan y a veces provocan pérdidas muy importantes a los agricultores porque las variedades no se comportan igual en todas las condiciones agroclimáticas.

Podemos decir que estas empresas tienen un mercado cautivo, del que se aprovechan. Esta forma de actuar se da principalmente en Andalucía, costa mediterránea, centro y sureste de la península.

En Galicia y en todo el norte cantábrico lo tienen mucho más complicado por el gran cultivo de patatas para autoconsumo que hay y por el gran minifundismo, donde la mayoría son muy pequeñas explotaciones en las que el agricultor paga la simiente al contado y no necesita financiación por parte del comerciante, explotaciones a las que, de momento, no les merece la pena llegar a estas grandes multinacionales. Otro factor que afecta a la dificultad de introducción de nuevas variedades de patata en la cornisa cantábrica es el conservadurismo en cuanto a las variedades consumidas en esas zonas, con preferencia de *Kennebec* y *Baraka*.

En el resto de España, las variedades tradicionales han sido desplazadas paulatinamente por las nuevas introducciones, que salvo *Agria*, *Monalisa* y alguna otra, duran poco y van siendo sustituidas cada año.

Tabla 3. Países con mayor producción de patata en el mundo y en la UE (2013)

Mundo		
Ranking	**Pais**	**Toneladas**
1	China	95.941.500
2	India	45.343.600
3	Rusia	30.199.126
4	Ucrania	22.258.600
5	Estados Unidos	19.843.919
6	Alemania	9.669.700
7	Bangladesh	8.603.000
8	Francia	6.975.000
9	Países Bajos	6.801.000
10	Polonia	6.334.200
11	Bielorusia	5.913.706
12	Reino Unido	5.580.000
13	Irán	5.560.000
14	Argelia	4.928.028
15	Egipto	4.800.000
16	Canadá	4.620.000
17	Perú	4.570.673
18	Malawi	4.535.955
19	Turquía	3.948.000
20	Paquistán	3.802.200
21	Brasil	3.553.772
22	Bélgica	3.479.600
23	Kazajstan	3.343.600
24	Rumanía	3.289.722
25	Nepal	2.690.421
26	Japón	2.600.000
27	Rep. Sudafricana	2.252.000
28	**España**	**2.199.600**

Unión Europea		
Ranking	**Pais**	**Toneladas**
1	Alemania	9.669.700
2	Francia	6.975.000
3	Holanda	6.801.000
4	Polonia	6.334.200
5	Reino Unido	5.580.000
6	Bélgica	3.479.600
7	Rumanía	3.289.722
8	**España**	**2.199.600**
9	Dinamarca	1.592.000
10	Italia	1.337.481
11	Grecia	829.400
12	Suecia	806.100
13	Finlandia	621.700
14	Austria	604.100
15	Rep. Checa	536.000
16	Portugal	487.646
17	Hungría	443.100
18	Lituania	420.300
19	Irlanda	410.000
20	Letonia	226.800
21	Bulgaria	170.000
22	Eslovaquia	164.458
23	Croacia	162.501
24	Estonia	127.748
25	Chipre	107.000
26	Eslovenia	62.155
27	Luxemburgo	17.540
28	Malta	12.600

Fuente FAO.

El calendario de producción de patata fresca en España se inicia con la recolección en la costa granadina en abril (plantación en noviembre a 15 de diciembre), sigue por la Comunidad Valenciana, Murcia, el valle del Gua-

dalquivir, Cádiz y Huelva en mayo y junio (plantación de final de diciembre a febrero); continua por Granada, Badajoz, Cáceres, costa gallega en julio (plantación de marzo y abril), Salamanca, La Mancha y Tarragona en agosto (plantación de abril a mediados de mayo) y el resto del país en septiembre y octubre (plantación de mediado de mayo y junio). En Baleares, la patata de exportación, normalmente al Reino Unido, se arranca entre febrero y junio y después se pone una segunda cosecha (plantada entre julio y septiembre) que se arranca en los últimos meses del año y en las islas Canarias, por su clima especial, se recolectan patatas de primera cosecha en junio y julio y otra segunda en diciembre, enero y febrero.

Tradicionalmente, Cataluña consumía con preferencia patatas de piel roja y carne blanca tipo *Red Pontiac,* en el litoral mediterráneo español gustaban de piel roja y carne amarilla, tipo *Desiree*, en Andalucía preferían *Spunta* y *Baraka*, en Castilla-La Mancha se consumía mucha *Kennebec* y todo el norte prefería *Kennebec* (para cachelos en Galicia) y *Baraka*.

Hoy día, excepto en Galicia, en España se han uniformizado los gustos y los consumidores compran lo que les ofrecen las grandes superficies, principalmente variedades de piel fina, sin tierra, que dan un buen lavado, tipo *Agata* o *Monalisa*, normalmente de origen francés. Hoy, la diferenciación o segmentación por parte de los comerciantes, se trata de hacer por el uso: «para freir», «para cocer», etc. aunque curiosamente, nos encontramos a veces en los lineales la misma variedad de patata para usos diferentes.

La patata nueva se identifica con facilidad. Al tocarla, la piel se levanta sin apenas resistencia y al freírla su color original cálido y casi blanco permanece.

En España somos deficitarios en la producción de patata y, al igual que en el resto de países de la UE, en los últimos años ha disminuido de manera importante tanto la superficie como la producción de este producto.

Llama la atención la excepción de Francia, donde las producciones se han mantenido en los últimos 10 años y, al contrario que en el resto de países, donde los rendimientos han ido subiendo, allí han bajado o se han mantenido, lo cual nos indica que dan más importancia a variedades y producciones de calidad que a la cantidad producida. En España, importamos de Francia unas 650.000 t anuales de patata, lo que supone un tercio de las que exporta este país.

Dentro de España, las principales comunidades autónomas productoras de patata son: Castilla y León (20.688 ha), Galicia (20.284 ha), Andalucía

(11.068 ha), Región de Murcia (5.220 ha), Castilla-La Mancha (2.508 ha), País Vasco (1.479 ha) y La Rioja (1.528 ha).

Nuestra patata es un producto fresco de temporada, con un período de comercialización estacional que comienza, como se ha dicho anteriormente, en el mes de abril en Baleares, Andalucía y Murcia y continúa por el resto de las comunidades autónomas hasta octubre.

Exportamos anualmente unas 250.000 t de patata, de las que, alrededor de un 20 % es patata nueva de Andalucía y el resto es patata de piel roja exportada a Portugal.

Es difícil generalizar y dar unas cifras de costes de producción de la patata en España, debido a la gran variedad de ciclos, producciones y circunstancias de cultivo que nos encontramos. De hecho, podemos afirmar que casi cualquier día del año hay un agricultor recolectando, en algún lugar de España, sus patatas.

Los costes fijos están ligados a la naturaleza de cada explotación y varían en función de la estructura productiva de la misma.

Los costes de producción rondan entre 4.500 y 5.500 euros/ha dependiendo del tipo de riego y del alquiler de la tierra. De esa cantidad, entre un 20 y un 25 % es achacable a la semilla. Otro coste importante es la recolección, que supone casi un 20 %. El coste por kilo producido se puede estimar de media en unos 12 céntimos de euro, con una producción de 45 t/ha. En zonas donde se arrancan los tubérculos antes de la madurez del cultivo (zonas costeras mediterráneas y valle del Guadalquivir) el coste por kilo de patata producido es bastante mayor que en las zonas interiores, donde se deja que la patata madure en el campo y por tanto los rendimientos son mayores.

Cada vez se contratan más patatas en España, principalmente para la industria. Los contratos aseguran un precio de venta, por lo que la rentabilidad del cultivo va a depender de los costes y del rendimiento por hectárea que consiga el agricultor en sus parcelas, eliminando en parte las incertidumbres por la gran variación de los precios de la patata entre unos años y otros.

6. Retos y perspectivas

A continuación se dan algunas ideas sobre los temas que están de actualidad y que pueden afectar a corto y medio plazo el desarrollo del cultivo, tanto en España como en Europa.

6.1. Promoción del consumo

Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama), desde 2008 a 2014 ha caído el consumo de patata en España un 12 %. Está muy claro que, en general, en los países desarrollados, el consumo está bajando. En España se quiere invertir esta tendencia con la campaña de promoción del consumo de patata nacional, «patata nueva, la nuestra», financiada totalmente por los comerciantes y envasadores españoles de patata y que se está llevando a cabo en diferentes medios.

Con esta campaña no solo se pretende aumentar el consumo, sino también informar a la población de las diferencias en cuanto a características organolépticas entre la patata recién arrancada, producida en nuestra tierra, y las más de 650.000 t que nos entran desde Francia cada año, tratadas con antigerminantes y en algunos casos con hasta 10 meses de conservación en cámaras frigoríficas a baja temperatura, con lo que eso supone de acumulación de azúcares reductores, que les proporciona un sabor dulce y hace que se queden oscuras al freirlas. Es interesante hacer notar que el 58 % de la patata que se vende en España es comercializada por las grandes superficies, la mayoría de ellas de capital francés.

También se está intentando crear la interprofesional de todos los actores que intervienen en la cadena de valor de la patata, primero en Castilla y León y después en toda España. Los objetivos de esta interprofesional, a imagen de las existentes en Francia y Reino Unido serían: promocionar el consumo, controlar la calidad de la patata vendida, hacer estudios de mercado, promocionar la contratación de patata entre los diferentes eslabones de la cadena, etc.

6.2. Futuro de la semilla verdadera de patata (TPS)

A petición de unas empresas holandesas y consecuentemente del gobierno de Holanda, la Comisión Europea está elaborando una derogación de la Directiva 2002/56/CE que regula la comercialización de patata de siembra, para permitir la producción en la UE de semilla verdadera de patata o TPS (True Potato Seed), ya que la actual legislación europea no la contempla ni la permite.

La forma normal de multiplicación de la patata es con tubérculo-semilla. Sin embargo existe la modalidad de reproducción a través de la semilla «botánica» o «verdadera». Esta proviene de la fecundación sexual, y es producto del cruzamiento de «materiales parentales» o padres, formando el fruto, que

consiste en una baya. Cada baya puede contener hasta 400 semillas, cada una de las cuales es una variedad potencial diferente.

Hasta ahora, el problema que presentaba el uso de la semilla verdadera era la no homogeneidad de los tubérculos producidos por este sistema, por lo que solo era usado en países con gran demanda de tubérculos pero poco exigentes con la homogeneidad de los mismos. China e India son los países donde más se usa la TPS, siendo miles de hectáreas las cultivadas con estos materiales. En el nordeste de India, los agricultores producen más de 250 kg de semilla al año que venden a otros agricultores, que a su vez hacen semilleros que trasplantan, y reservan los tubérculos obtenidos para plantar al año siguiente.

Parece ser que estas empresas holandesas han conseguido clones homogéneos mediante cruzamientos de parentales diploides y han solicitado poder comercializar sus clones en la campaña de 2017, estando prevista la publicación de la derogación legislativa citada en la primavera de 2017.

Entre las ventajas que presenta el uso de semilla verdadera de patata están:

- Con 100 g de semilla se planta una hectárea, en vez de necesitar 2 t de tubérculos semilla.
- El transporte es más fácil y barato.
- La semilla se puede conservar durante años, a diferencia de los tubérculos.
- La semilla transmite menos enfermedades que el tubérculo.
- La semilla requiere muy poco espacio para el almacenaje y no necesita refrigeración.

6.3. Futuro de las variedades de patata modificadas genéticamente (OMG)

Cuando se habla de organismos modificados genéticamente (OMG) poca gente piensa en patatas transgénicas. Sin embargo, desde hace bastante tiempo se viene trabajando en la obtención de variedades de patata modificadas genéticamente que presenten alguna ventaja sobre las variedades convencionales existentes.

En los últimos años las patatas han ido perdiendo peso como cultivo alimenticio pero, sin embargo, han ido ganando terreno paulatinamente como

materia prima en la producción de almidón y en la industria química. Una cosa que la gente no suele saber es que, actualmente solo una de cada cuatro patatas producidas en Europa se usa como alimento directo para el hombre, casi la mitad se destina a la alimentación animal y la cuarta parte restante, a la producción de alcohol y almidón.

Hasta ahora, las variedades OMG de patata no se han cultivado en Europa, a pesar de los intentos de BASF con la variedad *Amflora*, principalmente para producción de almidón y alimentación animal con los subproductos de la industria feculera. Esta nueva variedad está «diseñada» para que su almidón sea más resistente y se pueda utilizar mejor en la industria. España apoyó su aprobación, con el argumento de que somos altamente dependientes de las importaciones de alimento para el ganado, mientras que Alemania, Austria, Letonia y Dinamarca se opusieron.

El sabor no es lo que importa del almidón producido a partir de patatas sino la calidad y la composición del mismo. Este almidón, del que Europa es un importante productor, se usa como materia prima en una gran diversidad de industrias como la alimenticia, para espesante en pasteles, sopas y otros alimentos; pero también en otros procesos industriales que no tienen nada que ver con la alimentación, como son la industria papelera, textil, embalajes, adhesivos, aditivo para hormigón aplicado como *spray*, en aceites para perforación, lubricantes, etc. El almidón normal de la patata usado en alimentación es valorado por su alto peso molecular, que le da unas excelentes propiedades como espesante, y por su bajo contenido en grasa y proteína, comparado con el almidón procedente del trigo o del maíz.

Básicamente, todos los almidones tienen dos componentes:

- Amilopectina, con peso molecular alto, con una molécula altamente ramificada y con excelentes propiedades espesantes.
- Amilosa, con una molécula lineal y menor peso molecular.

Un contenido del 20 % de amilosa en un almidón normal de patata limita su uso en muchas aplicaciones industriales. La separación de los dos componentes no es rentable económicamente y por eso, la mayoría del almidón industrial es modificado químicamente en una primera fase, antes de su uso; este tratamiento al que es sometido utiliza energía y agua, lo que aumenta los costes tanto económicos como medioambientales del almidón.

El almidón proveniente de la *Amflora* es prácticamente 100 % amilopectina y de ahí el interés de esta nueva variedad de patata; esta característica se ha conseguido insertando un gen de una bacteria llamada *Agrobacterium tumefaciens* en el ADN de una variedad de patata convencional. Según BASF, los beneficios de este almidón serían: mayor rendimiento de amilopectina, reducción en los costes de fabricación, no necesidad de modificaciones químicas y mayor rendimiento.

Por otra parte, en Estados Unidos y en Canadá se han aprobado diferentes variedades de patata modificadas genéticamente con resistencia mejorada a ciertos virus o al escarabajo de la patata. Estas variedades no aportaron las suficientes ventajas económicas como para ser cultivadas masivamente y han sido frenadas por la oposición de diferentes grupos, principalmente ecologistas. Se ha transformado la variedad *Spunta* para que exprese constitutivamente el gen *cry1la1* de *Bacillus* thuringiensis entre las que se seleccionaron las líneas *Spunta G2, Spunta G3* y *Spunta* 6a3, para combatir la polilla o palomilla de la patata (*Phtorimaea operculella*), obtenido resultados satisfactorios, en el estado de Washington en EEUU, tanto en laboratorio como en experimentos de campo.

Estos intentos de cultivo masivo de variedades de patata OMG, empezando por la variedad *New Leaf* de Monsanto y acabando por la variedad *Innate* de J. R. Simplot, aprobada por la FDA (*Food and Drug Administration*) de EEUU en enero de 2015 está por ver como acaban y de qué manera pueden afectar a los países europeos.

La Comisión Europea ha creado un grupo de trabajo para establecer las normas de coexistencia de variedades de patata convencionales y variedades modificadas genéticamente, que se reunió por primera vez en noviembre de 2015.

Con la negociación entre EEUU y la UE del TTIP (*Transatlantic Trade and Investment Partnership*), más conocido como tratado de libre comercio transatlántico, es posible que variedades transgénicas de patata sean cultivadas y promocionadas en Europa. De momento, en el viejo continente es obligatorio que todo alimento que lleve en su composición OMG lo advierta en su etiquetado, con el logo correspondiente.

*6.4. Problema de la expansión de la pulguilla de la patata (*Epitrix similaris*)*

En 2008 se identificó en Portugal la pulguilla de la patata (*Epitrix similaris*), considerándola responsable de daños tanto en planta como en tubérculos. Posteriormente, en 2009 hubo detecciones en Galicia y en 2015 ha sido un problema para las exportaciones de patata portuguesa a Europa. Alemania ha rechazado muchos camiones de patata por esta razón. Está por ver cómo evoluciona esta plaga y sus consecuencias para los intercambios comerciales entre los diferentes países de la Unión Europea.

Referencias bibliográficas

Alonso Arce, F. (2002): *El cultivo de la patata*. Madrid, Mundi-Prensa. 2.ª edición; pp. 495.

Alonso Arce, F. (2008): *Enfermedades, plagas y fisiopatías de la patata*. Junta de Castilla y León; pp. 159.

Faostat: http://faostat3.fao.org.

Li, P. (1985): *Potato Phisiology*; pp. 586.

Magrama (2015). «Patata»; *Guía de gestión integrada de plagas*; pp. 133.

Seaman, A. (2015): *Organic production and IPM Guide to Potatoes*; pp. 96.

Boniato

Alfredo Miguel Gómez
Doctor ingeniero agrónomo

1. Introducción

En los países de habla hispana, el boniato se conoce también como batata o camote.

En España se hace la distinción entre variedades de piel roja, a las que se llama batata y a las de piel y carne blancas, boniato, aunque ambas pertenecen a la misma especie. El boniato mantiene la carne firme después de cocido, mientras que la batata se deshace.

Parece que el boniato procede de América (centro o sur). Se encontraron restos de tubérculos de boniato de hace 8-10.000 años en Chilca (Perú), pero no se sabe si entonces ya se cultivaban o fueron recolectados de plantas silvestres. Se piensa que su origen está entre el Yucatán al norte y el Orinoco al sur, seguramente entre Guatemala y el sur del Perú.

Ya en tiempos prehistóricos llegó a Polinesia.

A partir del descubrimiento de América, el boniato se extendió rápidamente. En su primer viaje, Colón conoció el boniato en Cuba y Santo Domingo, desde donde lo llevó a España.

Después hubo dos líneas de transmisión:

- Desde España, el boniato se extendió por Europa (sobre los años 1500) y fue a la India y África, con los portugueses.
- Desde México lo llevaron los españoles a Filipinas. En 1594 llegó a China, procedente de México o de la India.

Probablemente el boniato no se conoció en Norteamérica hasta la llegada de los europeos.

2. Características botánicas

La planta es de la especie *Ipomoea batatas* (Lam), que pertenece a la familia *Convolvulaceae.* Existen más de 400 especies silvestres de *Ipomoea* pero *I. batatas* solo se encuentra como planta cultivada. Otra *Ipomaea*, *I. aquatica*, se cultiva también en Malasia y China.

Las plantas procedentes de semilla tienen la raíz con un eje central y ramificaciones laterales. En las plantas producidas por esqueje, se desarrolla un vigoroso sistema de raíces adventicias que salen del esqueje enterrado y pueden llegar hasta 1,60 m de profundidad.

Hay raíces adventicias de dos tipos: finas y gruesas. Las primeras nacen de los entrenudos y tienen 4 haces vasculares, y las segundas nacen de los nudos y tienen 5-6 haces vasculares. Estas últimas son las que llegan a ser boniatos (raíces de almacenamiento). La proporción de unas y otras puede variar. Si el ambiente es favorable, se desarrollan más raíces gruesas y si es desfavorable, finas. En suelo seco y compacto las raíces gruesas comienzan a engrosar pero se lignifican y no llegan a ser de almacenamiento.

En la raíz se forma un engrosamiento donde se almacenan carbohidratos. El boniato se cultiva para el aprovechamiento de estas raíces tuberosas (que no son tubérculos).

Su forma varía desde casi esférica hasta ahusada. Puede llegar a medir más de 30 cm de longitud y 20 cm de anchura. El peso oscila entre 100 g y varios kilos por unidad.

La superficie de la raíz está cubierta por una capa suberificada. Tanto la piel como la carne contienen carotenoides y antocianos que determinan su color. En toda la carne hay vasos laticíferos que contienen látex y que aparece cuando se corta el boniato.

La textura de la raíz, después de cocida, es otra característica que sirve en España para clasificar las variedades: firme (boniato) o blanda y húmeda (batata), aunque se trata de la misma especie.

La mayoría de los boniatos son de porte rastrero, pero a veces se ponen erectos o se enroscan. Su longitud varía de 0,5 a 4 m. Algunos clones tienen ramas «invasoras» de hasta 16 m, que se utilizan para alimentación del ganado y en el control de la erosión. Los tallos rastreros emiten raíces en los nudos.

El tallo es normalmente de color verde pero algunos cultivares tienen una pigmentación púrpura.

Las hojas están dispuestas en espiral y tienen pecíolos de 5 a 30 cm. Son variables en forma y tamaño, incluso sobre la misma planta.

Hay variedades con hojas muy lobuladas y otras con bordes enteros y, entre estos dos extremos, las hay con formas intermedias. La superficie de la hoja suele ser glabra pero también pueden ser más o menos pilosas.

Las flores son aisladas o forman inflorescencias que nacen en la axila de las hojas, y tienen forma de campanilla. La flor abre antes del amanecer y se cierra y marchita al mediodía y solo es receptiva durante un corto período. La polinización la realizan insectos. La diferencia de longitud que existe entre los estambres y el estilo es causa frecuente de incompatibilidad, por lo que es difícil la producción de semilla.

El fruto es una cápsula de 5-8 mm de diámetro y contiene una o dos semillas negras de unos 3 mm. La testa es dura, lo que hace difícil la germinación. Solo se ha observado frecuente germinación de semillas en Papúa Nueva Guinea, donde aparecen continuamente nuevas variedades.

La raíz tuberosa, el boniato, no tiene período de dormición y cuando las condiciones de temperatura y humedad son adecuadas, se produce la brotación. Normalmente, de los brotes se obtienen los esquejes para la multiplicación de las plantas.

Después de la plantación de los esquejes, en un primer momento, se produce un crecimiento lento de las ramas y rápido de las raíces adventicias que salen de la parte enterrada del tallo. Estas raíces pueden llegar a 2 m de profundidad en determinados tipos de suelo, lo que permite a la planta soportar la sequía. Sin embargo, es importante que no falte humedad en el suelo durante las 6 semanas después de la plantación y al comienzo del engrosamiento de la raíz, pues entonces la producción se vería afectada.

A partir de las 9-10 semanas se produce un rápido crecimiento de los tallos y aumento de la superficie foliar y empieza el engrosamiento de la raíz. Finalmente cesa el crecimiento de las hojas y aumenta rápidamente el almacenamiento en la raíz.

3. Cultivo

Los boniatos se cultivan desde 40º latitud N hasta 32º S y desde el nivel del mar hasta 3.000 m de altitud en el ecuador.

Es una planta de clima cálido y se ve muy afectada por el frío. En las regiones templadas debe haber, al menos, un período de 4-6 meses relativamente cálidos para que el cultivo pueda prosperar.

Con menos de 15 ºC en el suelo, la planta detiene su crecimiento. La temperatura óptima para el desarrollo es de 25-28 ºC por el día y 17-20 ºC en la noche. Por encima de 35 ºC la planta no prospera (es la temperatura máxima), aunque no por eso llega a morir.

El boniato se desarrolla mejor con alta luminosidad, pero la floración y el engrosamiento de la raíz se inducen con días cortos.

Necesita, al menos, 500 mm de lluvia o riego durante el cultivo. Es resistente a la sequía pero sin la humedad necesaria, la producción se ve afectada.

Prefiere los suelos arenolimosos, permeables y con buen contenido en materia orgánica. Un buen drenaje es esencial, pues la planta no resiste encharcamientos. Los suelos muy pesados y de pobre aireación retrasan la formación de raíces y reducen la producción. El pH óptimo es 5,6-6,6. La planta es sensible a salinidad y al sodio.

Posiblemente una bacteria del género *Azospirillium* se asocie a la raíz como fijadora de nitrógeno.

Este es un cultivo perenne que se planta como anual. El boniato no madura y entonces se puede cosechar cuando se quiera. Esto permite tener dos cosechas, en algunos lugares.

3.1. Material vegetal

La selección realizada por los hombres, la hibridación natural y las mutaciones dan como resultado la existencia de un gran número de cultivares que difieren en el color de la piel (blanco, crema, marrón, amarillo, naranja o rojo-púrpura) o de la carne, en el tamaño y forma de las raíces y hojas, en la profundidad de enraizamiento, tiempo de maduración, resistencia a enfermedades y textura de la raíz.

Solo en algunos países se ha desarrollado una verdadera mejora genética del boniato y se dispone de variedades tipificadas y reconocidas. En la mayor parte de las zonas de cultivo son selecciones locales las que se continúan plantando, muchas veces sin ninguna garantía sanitaria.

En algunos lugares de EEUU, los boniatos los clasifican en dos tipos: los de textura menos acuosa, que tienen un 30-35 % de materia seca y denomina-

dos *sweet potato*. De este tipo son las variedades *Hanna*, *Golden sweet* y el más cultivado en California, *O'Henry*, de piel blanca. y, los más acuosos, con un 20-22 % de materia seca, pertenecen *Diane*, *Beauregard*, que ha sido durante mucho tiempo el más cultivado, y *Covington*, que lo es ahora. Este último y *Beauregard* son de piel cobriza y carne anaranjada.

Figura 1. 'Beauregard'

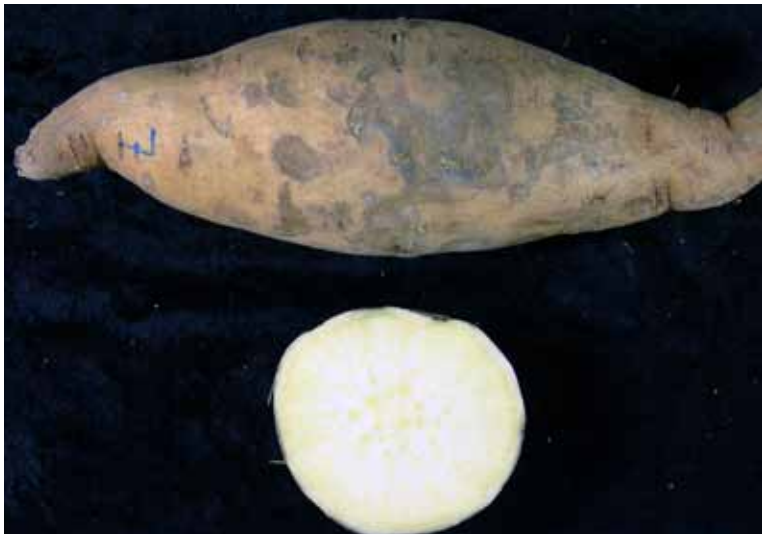
Las variedades 'Beauregard', de piel rosa y carne de color naranja y 'Jewell', de piel cobriza y carne naranja intenso, son muy cultivadas en EEUU, aunque también se emplean 'Nemagold', 'Centennial', 'Southern Delite', 'Hernández' y 'Regal', de carne de color naranja y 'Star Leaf', 'White Delight', 'Sumor', 'Picadita' y 'Campeón', de carne blanca o crema.

En España están a la venta, por viveros profesionales, las variedades 'Beauregard', 'California' y 'Georgia Jets' de carne naranja, y 'O'Henry' de carne blanca.

Del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima (Perú), enviaron al IVIA en Valencia una colección de variedades de carne blanca, procedentes de todo el mundo, que se han ensayado en nuestras condiciones, por si pudieran sustituir con ventaja a las tradicionalmente cultivadas en esta comunidad. Algunas de ellas, 'Sumor' (EEUU), 'ST.87030' y 'Papota' (Perú) y 'Caplina' (Puerto Rico), fueron catalogadas como resistentes a nematodos (Meloidogy-

ne) y 'TIS 3290' (Nigeria) ha sido reconocida como tal en el Centro de Ciencias Medioambientales del Mediterráneo (CSIC) por el Dr. Bello. La resistencia a nematodos formadores de nódulos *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* y *M. javanica*, las hace especialmente útiles para su inclusión en la rotación de cultivos, en el diseño de sistemas de producción. Otras variedades, obtenidas del propio CIP, tales como '199043.4', que nosotros conocemos como 'CIP-4', son tolerantes o medianamente resistentes.

Figura 2. 'Sumor'



En Canarias, durante los años 2005 y 2008 se han caracterizado morfológicamente los cultivares conservados en los parques rurales, Anaga y Teno (Tenerife) donde se mantienen en cultivo una enorme diversidad de tipos y formas.

Los caracteres morfológicos estudiados determinan la existencia de una importante diversidad genética en los cultivares locales.

A raíz de una grave infección viral de la población de boniato en la Comunidad Valenciana, que casi extermina el cultivo (se redujo la producción en dos años en un 90 %), el IVIA saneó las variedades locales que se estaban cultivando y actualmente dispone de 9 clones procedentes de agricultores y los 13 proporcionados por el CIP de Lima, libres de virus, además de las variedades 'Rojo California' y 'Beauregard' procedentes de Málaga.

Figura 3. Planta madre libre de virus

En Valencia se han cultivado diversas selecciones de boniato blanco y actualmente la variedad con más presencia en la provincia de Valencia es 'Blanco de Alginet', bien adaptada a los gustos del consumidor, ya que el carácter carne blanca y firme se considera imprescindible para la doble dedicación, venta al público, en tiendas y supermercados, para la fabricación de pastelillos y dulces caseros y a la industria de pastelería. Últimamente se han introducido en el mercado cultivares de carne roja, 'Rojo de Mallorca' y 'Batata de Málaga' (*Beauregard*), conocidos como batata y 'Rojo de California', que se considera boniato a pesar de su color, porque su carne es consistente después de cocida.

El Clon 'CIP-4' es mucho más precoz, productivo y con tubérculos de mayor tamaño que los demás. Quizá podrían cultivarse dos ciclos por temporada. Los clones 'Sumor' y 'Blanco de Alginet' son más sensibles al retraso en la fecha de plantación y adelanto en el arranque, necesitando más tiempo para «tuberizar» y formar boniatos de calidad.

El Clon 'Rojo California' tiene muy buenas cualidades organolépticas para su consumo en fresco; cada día es más apreciado y está aumentando la demanda. Tiene un buen comportamiento agronómico, similar en producción al Blanco.

El boniato está presente y bien adaptado en áreas tropicales, donde vive una alta proporción de la gente más pobre. Tiene una amplia base genética

y tremenda variabilidad y potencial de mejora. Las variedades cultivadas son transgénicas (adquirida de forma natural), ya que se ha comprobado que tienen genes de *Agrobacterium*.

La investigación en la mejora del cultivo ha sido escasa. Solo de China, Japón, Korea, Taiwan y EEUU se tienen referencias de mejora genética y resultados publicados.

El boniato es una especie hexaploide con 90 cromosomas y con presencia de autoincompatibilidad, por lo que la única vía para producir frutos es la polinización cruzada.

El objetivo de la mejora es obtener variedades adaptadas a las diferentes zonas de producción, con alto rendimiento, tolerancia a las principales enfermedades, alta capacidad antioxidante y con calidad industrial.

Como sistema de mejora se utilizan dos:

- Selección clonal a partir de mutaciones, seguida del saneamiento de las variedades.
- Multiplicación sexual, seguida de propagación vegetativa de los ejemplares interesantes.

3.2. Multiplicación de plantas

Normalmente solo se utiliza la reproducción por semillas para la obtención de nuevas variedades.

La multiplicación de plantas se hace, normalmente, de forma vegetativa, mediante esquejes terminales de 30-45 cm, obtenidos de plantas maduras, ya instaladas en cultivos anteriores o de un vivero o, también, con esquejes terminales de 5-7 cm, enraizados en bandeja de alveolos.

En países cálidos, donde las plantas pueden seguir vegetando durante el invierno, los esquejes pueden obtenerse de plantaciones ya establecidas o conservadas, para este propósito, desde el año anterior. En países templados se ha de realizar una nueva plantación, el vivero, de donde se obtendrán los esquejes.

Para formar el vivero se hace una previa selección de los tubérculos: los boniatos seleccionados deben estar sanos y sin agrietado. Se eligen aquellos de tamaño pequeño a mediano de unos 3 a 5 cm de diámetro. Se han de conser-

var en buenas condiciones hasta el momento de la plantación, en febrero o marzo del año siguiente. Antes de la plantación, los tubérculos seleccionados se desinfectan para evitar enfermedades, fusariosis y *Rhizoctonia*, sumergiéndolos en una solución fungicida.

Figura 4. Esqueje para plantación

En el vivero, los tubérculos se colocan en caballones separados, evitando que se toquen unos con otros. Se da un tratamiento herbicida para evitar la salida de adventicias. Para favorecer la aparición temprana de esquejes, se utiliza algún sistema de protección térmica, túnel de plástico, cubierta flotante (manta térmica) o acolchado con plástico transparente. En este último caso, cuando aparecen los brotes se raja el plástico para que etoss salgan al exterior.

Puede hacerse una prebrotación de las raíces, 6 a 8 semanas antes de la plantación, colocándolas en ambiente cálido (37 ºC) y húmedo (90 % HR) para asegurar una mejor y mayor brotación.

La aparición de esquejes comienza aproximadamente a los 20-25 días de la plantación. Se mantiene en el vivero una humedad suficiente hasta la brotación. Normalmente se dan 2 o 3 pases cortando esquejes.

3.3. Plantación

En labores preparatorias se da una labor profunda para enterrar el abonado de fondo y mejorar el terreno (no se recomienda en terrenos demasiado profundos y fértiles); posteriormente, se llevan a cabo trabajos superficiales de ganchos y *rotovator*, seguidas del acaballonado.

En países tropicales la plantación se hace a principios de la estación seca. En las regiones templadas se planta en primavera, tan pronto como la temperatura del suelo es adecuada y ha pasado el peligro de frío. Normalmente se hacen plantaciones de abril a julio.

En experimentos realizados en Valencia con tres variedades se ha comprobado que la producción comercial y el tamaño del tubérculo descienden cuando se retrasa la plantación desde mediados de abril a mediados de julio. Plantaciones anteriores a mediados de abril no repercuten en adelanto o aumento de la cosecha.

Si el suelo es muy permeable y profundo, puede plantarse en llano. No obstante, la plantación en caballones es la más usual y ofrece innegables ventajas en lo que se refiere al drenaje, al calentamiento del suelo y a la facilidad de arranque de las raíces.

Figura 5. Plantación de boniato

La separación entre líneas se sitúa entre 50-90 y 120 cm (en función de la maquinaria a utilizar) y entre plantas se dejan de 30 a 40 cm.

La densidad de plantación depende de muchos factores como localidad, clima, suelo, etc. En Valencia suele ser de 22.000 a 25.000 plantas/ha y en el sur de España es fácil superar 30.000 plantas/ha. En otros países se llega hasta 40.000-45.000 plantas/ha.

Figura 6. Plantación en dos hileras

Para la plantación se eliminan las hojas basales y se entierra el esqueje (dos nudos al menos) inclinado, hasta la mitad o los dos tercios de su longitud. Si se trata de un brote enraizado, se entierra el cepellón.

En un experimento realizado en el IVIA ha resultado mejor en calidad y producción la plantación mediante esquejes sin enraizar que enraizados. La plantación se hace normalmente a mano, aunque se pueden utilizar máquinas plantadoras. Algunas de estas suministran a la vez agua y fertilizante. El trasplante se realiza fuera de las horas de mucho calor para evitar la deshidratación de los esquejes.

Antes de la brotación, si hay salida de malas hierbas se da un tratamiento con diquat (solo contra dicotiledóneas) o glifosato. Puede utilizarse también fluazifop, antes de que los brotes de la plantación se hayan desarrollado.

Las ramas en 6-8 semanas han cubierto el suelo e impiden la salida de malas hierbas. Normalmente no se hacen escardas o solo una a las 4 semanas de la plantación.

Figura 7. Pleno desarrollo de las plantas

El acolchado, con plástico transparente o negro, supone una cierta ventaja sobre el suelo desnudo, pero tiene el inconveniente de que se ha de retirar antes de la recolección y después de destruir la parte aérea de la planta, lo que supone una tarea costosa. De más fácil manejo y resultados similares es el empleo de cubierta flotante de polipropileno no tejido. Se coloca y retira con facilidad y también aumenta la cosecha en recolección temprana.

Los esquejes libres de virus, obtenidos de algún centro reconocido, se plantan y los boniatos recolectados se utilizan el año próximo, en vivero, para la producción de esquejes.

Figura 8. Métodos de protección

Figura 9. Acolchado

3.4. Riego y abonado

Aunque el abonado depende de las reservas de elementos en el suelo y de la cosecha esperada, un abonado medio podría ser:

- Estiércol 25-30 t/ha, en el cultivo anterior.
- N 40- 80 UF/ha.
- P_2O_5 60-120 kg/ha.
- K_2O 100-240 jg/ha.
- N y K 50 % en el abonado de fondo y 50 % en cobertera.

Tabla 1. Extracciones de un cultivo de boniato con una producción de 25 t/ha

Órgano	N Kg/ha	P_2O_5 Kg/ha	K_2O Kg/ha	CaO Kg/ha	MgO Kg/ha
Raíces	62,8	39,3	128,8	12,8	11,8
Tallos y hojas	123,7	47,7	270,0	52,7	13,0
Total	**186,5**	**87,0**	**398,0**	**65,5**	**24,8**

Las extracciones de elementos minerales de este cultivo son importantes. Sin embargo una parte sustancial de ellas es retornada al suelo por medio de los tallos y hojas.

Mediante el riego se mantiene una humedad suficiente en el suelo durante los dos primeros meses y especialmente en las dos primeras semanas después del trasplante, para favorecer el enraizamiento de los esquejes. En los últimos meses del cultivo se eliminan total o parcialmente los riegos, para mejorar la calidad del producto y evitar pudriciones.

3.5. Recolección

Las producciones aumentan según atrasemos las recolecciones dando tiempo a formarse los tubérculos. Hay una estrecha correlación entre la producción total comercial y los grados-día a temperatura >12 ºC (suma de temperatura media diaria menos 12) desde la plantación hasta la recolección.

En nuestros experimentos con varias fechas de plantación, la producción ha ido aumentado desde la primera recolección (75-90 días desde la plantación) hasta la tercera (a los 140-160 días).

El período favorable en Valencia para el cultivo del boniato, cuando se produce un apreciable aumento diario en la acumulación de grados-día a más de 12 ºC, es entre mediados de abril y finales de octubre (en Andalucía, un mes antes). Más tarde de esta fecha, el boniato puede estar «almacenado» en el suelo pero difícilmente aumentará su producción.

Figura 10. Recolección

Normalmente, los tubérculos estarán listos para recolectarse a los 3-8 meses de la plantación. En muchas partes del trópico es posible hacer dos cosechas al año. En zonas secas o templadas solo una. La fecha de recolección depende de la variedad y las condiciones ambientales y de mercado. Si se cosecha cuando las plantas han ralentizado su crecimiento, debido a las temperaturas frescas del otoño, se favorece la conservación por tiempo prolongado. Un amarilleamiento del follaje indica que el cultivo se encuentra en condiciones de cosecha con el mayor rendimiento. Si el arranque es demasiado pronto, la producción es menor. Si se retrasa demasiado, se producen ataques de plagas y enfermedades. En muchas ocasiones el arranque se ajusta a las necesidades del mercado y no a una fecha determinada. El hecho de que el boniato se pueda dejar sin arrancar hasta que haga falta es inapreciable cuando su destino es autoconsumo. Se arrancan las plantas a medida que se necesitan. Pero hay que tener en cuenta que existen circunstancias (tipo de suelo, lluvias, variedad…) que no toleran la conservación en el suelo por mucho tiempo, ya que se inician procesos de pudrición.

En muchas partes de los trópicos la recolección se hace a mano. En plantaciones comerciales, primero se siegan las ramas con cuchillas y se arrancan las raíces con un arado especial, como doble vertedera, que abre el caballón dejando los boniatos en la superficie. En otros lugares se emplea un arado de vertedera, que deja el boniato en la superficie y entierra la parte aérea. Los boniatos se cargan, a mano o mecánicamente, en el remolque para ser llevados al lugar donde serán manipulados.

La piel del boniato es fina y se daña fácilmente durante la recolección. Los daños son más frecuentes e importantes si la planta está aún en crecimiento. Los golpes, cortes y peladuras provocados durante la recolección son puerta de entrada de patógenos que causan el deterioro del boniato durante el período de almacenamiento. El lavado de las raíces debe evitarse si van a ser conservadas, pues tienen mayor riesgo de pérdidas en ese período.

3.6. Plagas y enfermedades

3.6.1. Plagas

En general, para el boniato las plagas no presentan grandes problemas ni pérdidas.

Los nematodos del suelo *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchus reniformis* producen quistes y lesiones en la raíz, reducen la producción y ocasionan heridas que facilitan la penetración de otros patógenos. Los medios de lucha son la utilización de variedades resistentes y la desinfección de suelo con nematicidas (Dicloropropeno).

Las rosquillas (*Spodoptera littoralis* Boisd.). En casos de fuerte ataque se dan tratamientos con productos autorizados (*Bacillus thuringiensis*) y se emplean cebos envenenados.

El gusano de alambre (*Agriotes* ssp.). Sus larvas viven durante varios años y dañan las raíces. Los tratamientos preventivos antes del cultivo con clorpirifos, y también el empleo de feromonas, con técnicas de captura masiva, conociendo bien la especie y en grandes extensiones, permiten un control a largo plazo.

En otros países la plaga más importante es *Cylas formicarius*, el gorgojo del boniato. Tanto la larva como el adulto se alimentan de la raíz, en el campo y en el almacén. También se ha detectado *Omphisa anastomosalis*, tan dañino como el gorgojo.

La mosca blanca y el pulgón transmiten virosis. Se combaten con tratamientos con piretrinas y pirimicarb.

3.6.2. Enfermedades

- *Fusarium oxysporum Schlecht*, provoca un amarilleamiento progresivo de las hojas y una podredumbre negra de las raíces. Se previene mediante desinfección de suelo y con rotaciones largas. Este hongo y *F. solani* causan también daños en las raíces almacenadas si no han sido manipuladas con cuidado.
- Momificado (*Monilichaetes infuscans Hals ex Harter*), se manifiesta mediante manchas irregulares de color rojizo, agrietamientos de la corteza del boniato y momificación de los tubérculos. El método de control más indicado es utilizar material de reproducción sano.
- La podredumbre negra, causada por *Ceratocystis fimbriata*, se halla presente en todas partes donde se cultiva boniato. Produce daños en la parte enterrada de los tallos y en los boniatos antes de la recolección o en el almacenamiento. Para prevenirla se desinfectan los tubérculos destinados a multiplicación.
- Durante la conservación *Rhizopus* spp. ocasiona una podredumbre blanda.

Los virus afectan a la raíz y a las hojas. La presencia de un complejo virótico, constituido por los virus del Enanismo Clorótico (SPCSV) y del Moteado Plumoso (SPFMV), casi extermina la producción de boniato en la Comunidad Valenciana. El IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) realizó el saneamiento del material vegetal de las variedades cultivadas en la comunidad. Desde el 2001 se dispone de material vegetal libre de virus que se distribuye entre los agricultores y viveros hortícolas que lo solicitan.

3.6.3. Fisiopatías

Las heladas destruyen totalmente la planta; el encharcamiento ocasiona la pudrición del tubérculo; el agrietado (*Cracking*) se produce por oscilaciones en la humedad debido a grandes variaciones de agua disponible del suelo o temperaturas bajas en las últimas fases del cultivo; las raíces tuberosas en racimos pueden ocurrir cuando se interrumpe la fase de engrosamiento y hay

un excesivo crecimiento de la parte área de la planta y, las raíces deformadas se debe a un aporte irregular de agua durante las fases de crecimiento, altas temperaturas y suelos pesados y compactos.

3.7. Curado y almacenamiento

En climas templados las raíces inmediatamente después de la recolección pueden ser sometidas, aunque no es habitual, a un proceso de curado. Se almacenan a 30-33 ºC y 85-95 % de humedad relativa durante 5-7 días en recintos con calefacción.

El curado facilita la cicatrización de las heridas. También reduce la deshidratación y el ataque de patógenos durante el almacenamiento y mejora la textura e incrementa el contenido de azúcares. En los trópicos, las condiciones de curado se alcanzan naturalmente, por lo que esta práctica es innecesaria. En la India el curado se efectúa extendiendo las raíces al sol y protegiéndolas de la lluvia durante la noche.

Las condiciones para el almacenamiento del boniato, una vez curado, son de 12 a 15 ºC de temperatura y de 90 a 95 % de humedad relativa en un ambiente ventilado. Temperaturas más bajas pueden ocasionar daño por frío, mientras que a más altas (más de 18 ºC) se producen pérdida de peso por aumento de la respiración, brotación de los boniatos y pérdida de calidad. Si se mantiene una humedad relativa baja, entre 50 y 60 %, las pérdidas de peso del producto son el doble que si la humedad es del 90 %. En los países tropicales raramente se almacenan los boniatos, ya que se consumen a medida que se van recolectando. Se deber almacenar material sano y no se utilizan productos químicos a menos que la raíz sea destinada a multiplicación, a formar el vivero. El boniato, en buenas condiciones, se puede almacenar hasta 4-6 meses.

4. Composición

La importancia del boniato como alimento radica en su valor energético (115 cal/100 g, mayor que la patata), gracias a su contenido de almidón. También es una fuente importante de elementos nutritivos como las vitaminas A, B1 y C, niacina y riboflavina, además de elementos minerales, especialmente potasio, y de algunos aminoácidos como la metionina, esencial para la vida humana y ausente en la mayoría de los alimentos de origen agrícola. También contiene lisina, que lo hace un buen complemento a las harinas de cereales.

El sabor dulce se debe a la sacarosa, glucosa y fructosa. Su contenido en proteínas es bajo, y también tiene bajo contenido en grasas y colesterol, pero muy alto en fibra digestible, que acelera el tránsito intestinal, previene el cáncer de colon, controla el nivel de glucosa, reduce el colesterol y produce sensación de saciedad.

Tabla 2. Composicion del boniato (por kg de peso fresco)

Valor nutricional	Cantidad
Carbohidratos	248/344 g
Proteínas	11,3/18,0 g
Grasas	3,7/6,0 g
Agua	640/710 g
Calcio	280/350 mg
Fósforo	420/488 mg
Hierro	7,0/13,8 mg
Vitamina A	8 U.I.
Tiamina	0,9/1,0 mg
Riboflavina	0,6/0,7 mg
Niacina	6,0/12,9 mg
Ácido ascórbico	220/400 mg

La piel y la pulpa poseen antioxidantes debido a su contenido en antocianinas, carotenos, compuestos fenólicos y proteínas que previenen enfermedades cardiacas, el cáncer, diabetes y enfermedades hepáticas.

Las antocianinas (pigmentos que dan el color púrpura o morado a la piel y pulpa del boniato) se consideran reparadoras del daño de aprendizaje y memoria ocasionado por radicales libres. El color naranja de algunas variedades se debe a la presencia de β-carotenos que, además de ser fuente de vitamina A, son también antioxidantes.

Se debe destacar que la capacidad antioxidante no se altera con el proceso de fabricación de productos industrializados como los dulces.

También pueden consumirse los brotes tiernos que, por su alto contenido en proteínas y vitaminas, compensan el predominio de los hidratos de carbono de las raíces tuberosas. Por otra parte, los tallos y hojas de las plantas son apropiados para la alimentación del ganado.

En España el boniato se consume cocido o asado y es materia prima para postres. A la industria se destina un bajo porcentaje, ya que esta se abastece principalmente con boniato de importación. El destino del producto en las distintas regiones es diferente. Mientras que en Canarias se consume hervido (batata), en la Comunidad Valenciana se utiliza en la fabricación, artesanal o industrial, de pastelillos (boniato). Andalucía tiene las dos modalidades de producción y consumo.

En otros países se utilizan otros productos transformados (*chips*, harina, etc.) y el boniato de carne morada sirve para la elaboración de zumos y colorantes alimenticios. En Japón, por ejemplo, se emplea para la extracción de almidón y fibra alimentaria.

También, puede utilizarse para la fabricación de productos fermentados como etanol, butanol, ácido láctico y acetona y, a partir del almidón se pueden obtener plásticos biodegradables. Incluso se usa como medicina para la diabetes y otras enfermedades.

Mediante el programa VITA A (Vitamina A para África) se han introducido variedades de boniato de carne anaranjada para su cultivo y consumo en países africanos.

En muchos lugares se utilizan los brotes y hojas como alimento humano, además de su destino, más generalizado, en la alimentación del ganado.

5. Economía del cultivo

Por cantidad producida, el boniato es el séptimo cultivo en importancia mundial. Se cultiva en 111 países, tropicales, subtropicales o, simplemente, de clima templado. La mayoría de ellos son países en desarrollo. Entre los cultivos «de raíz» solo la patata le supera en importancia económica. A veces ocupa suelos pobres, degradados, donde otras especies no podrían prosperar.

El 90 % del boniato se cultiva en Asia, el 5 % en África y el otro 5 % en el resto del mundo. Solo el 2 % de la producción corresponde a países industrializados, principalmente EEUU y Japón. En China se cosechan anualmente 70.000.000 t. Indonesia, Uganda y Vietnam le siguen en importancia, cada uno con 2.000.000 t. Otros lugares, como Islas Salomón, Tonga, Ruanda, Burundi y las Islas Caimán tienen una alta producción por habitante y el boniato es un capítulo importante en su economía y alimentación.

Según la FAO, la producción de boniato aumentó un 50 % entre 1961 y 1973 y después declinó. La producción en Asia es ahora un 25 % mas grande que en 1960; desde entonces, en África ha crecido un 80 % mientras que en los países industrializados, principalmente EEUU y Japón, se ha reducido.

La mayor parte del boniato se produce como cultivo familiar, para consumo propio y para el ganado. Es frecuente como cultivo asociado. El mercado internacional de boniato es poco importante.

En Europa apenas se producen 50/55.000 t de boniato al año, de las cuales casi la mitad corresponden a España.

Tabla 3. Producción mundial de boniato. En toneladas

Mundo	**103.109.367**
Asia	78.458.070
China (primer país productor)	70.741.161
América del Sur	1.375.722
América del Norte	1.124.385
Europa	56.454
España	23.500

Fuente: estimaciones FAO (2013).

Tabla 4. Producción de boniato en el mundo, Europa y España. En toneladas

Año	Mundo	Europa	España
2012	108.004.173	51.359	22.000
2010	103.281.878	53.209	22.506
2005	127.880.976	60.726	23.554
2000	139.141.324	43.407	14.514
1990	122.770.107	74.990	35.367

Tabla 5. Superficie y producción de batata en España (2012)

	Superficie (ha)	Producción (t)
Andalucía	179	5.785
Canarias	442	4.416
España	621	10.201

Tabla 6. Superficie y producción de boniato en España (2012)

	Superficie (ha)	Producción (t)
Comunidad Valenciana	161	3.006
Andalucía	270	6.291
España	495	10.261

La distinción entre boniato (carne firme y blanca, piel blanca) y batata (carne y piel coloreadas) no se hace en otros países.

En España se cultivan anualmente unas 1.100 ha de boniato, que producen unas 20/25.000 t. Andalucía (especialmente Málaga) es la mayor región productora, con 450 ha y 12.000 t, seguida de Canarias que cultiva 440 ha y la Comunidad Valenciana, con 160 ha y 3.000 t de producción.

En los años posteriores a la Guerra Civil (1940-1950) el boniato fue, en algunos lugares de España, un alimento fundamental, sustituto del pan y las patatas, que eran escasos.

Además de la producción nacional, en España se consume boniato de importación, con destino a la industria de transformación y al consumo en épocas sin abastecimiento propio.

6. Retos y perspectivas

Las posibilidades de mejora en material vegetal y técnicas de cultivo son claras, ya que existe una amplia diversidad genética y el esfuerzo que se le ha destinado en investigación es mínimo.

La industrialización para pastelería parece un destino prometedor. Aún más interesante podría ser su dedicación a la fabricación de biocombustibles o plásticos biodegradables, ya que el boniato es un gran productor de almidón a coste reducido. Las variedades con resistencia a nematodos podrían servir a los agricultores que hacen cultivo ecológico, para incluirlas en la rotación.

Referencias bibliograficas

Cusumano, C. y Zamudio, N. (2013): *Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina)*. INTA.

Galdón, R. (2015): *Comunicación personal*.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Marsal, J. I. y Cerda, J. J. (2012): *Comparacion de clones de boniato blanco libre de virus con un cultivar rojo comercial*. Gijón, Seminario de técnicos y especialistas en horticultura.

Marsal, J. I. y Cerdá, J. J. (2013): *Influencia en el cultivo de boniato de la utilización de material vegetal de 2º año*. Elche, Seminario de técnicos y especialistas en horticultura.

Marsal, J. I. y Cerdá, J. J. (2014): *Cultivo del boniato: efecto sobre la productividad utilizando material vegetal de distinto origen*. Sevilla, Seminario de técnicos y especialistas en horticultura.

Medina, C. E y Rios, D. J. (2009): *Caracterización morfológica preliminar de las batatas (*Ipomoea batatas lam*) presentes en los parques rurales de Tenerife*. Tenerife, Seminario de técnicos y especialistas en horticultura.

Miguel, A. y Marsal, J. I. (2004): *Fechas de plantación y recolección de boniato*. Almería, XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura, Almería.

Stoddard, C. S.; Davis, R. M. y Cantwell, M. (2013): «Sweetpotato production in California»; *U. C Vegetable Research Information Center.*

UCCE Merced County (2010): *Sweetpotato information and history*.

Wolfe, J. A .(1991): *Sweet potato an untapped resource*. Cambridge University Press.

Chufa

Bernardo Pascual y Nuria Pascual-Seva
Universitat Politècnica de València

1. Introducción

1.1. Generalidades

La chufa es la variedad botánica *sativus* de *Cyperus esculentus* L. (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.). Es una planta originaria del Oriente Próximo; en Egipto se han encontrado tubérculos secos del cuarto milenio a. C. Se considera que fue domesticada en el Neolítico, en la región del Nilo Blanco del actual Sudán, al menos en el quinto milenio a. C. (Pascual-Seva, 2011).

La chufa fue introducida en Europa, probablemente, durante la Edad Media por los árabes, tras su expansión por el norte de África. El agrónomo andalusí Ibn al-'Awam (Abu Zakariya) describe el cultivo de la chufa a finales del siglo XII o principios del XIII en el *Libro de agricultura* (Maroto, 2003), existiendo escritos fechados en el siglo XIII en los que se cita el consumo de la *llet de xufes* en el *Regne de València* (Pascual y Maroto, 1984a). Cavanilles (1795) describió su cultivo, e indicó que a él se dedicaban 15 ha en Alboraya y Almácera.

Además del consumo de los tubérculos en fresco, tradicionalmente y de forma mayoritaria, estos se han utilizado para la fabricación artesanal de horchata, que puede presentarse en forma líquida, granizada o congelada. El consumo de horchata de fabricación industrial se ha incrementado exponencialmente en los últimos años, de manera que en la actualidad supone del orden del 80 al 85 % del total de la horchata elaborada. La chufa se ha introducido recientemente en la cocina de autor, inicialmente en los postres, como la crema, el flan y la espuma de horchata, pero también en los entrantes y en los platos principales. En el año 2010 apareció en los comercios un chocolate con sabor a horchata y en 2011 un licor de horchata de chufas, y una ginebra en la que esta hortaliza figura como uno de sus ingredientes. Posteriormente han aparecido varias marcas de aceite de chufa para ensaladas, considerado de gran

calidad. También en algunos balnearios se ofertan tratamientos de belleza, de relajación e hidratación (similares a la choco terapia), con productos a base de *mousses*, aceites y cremas de horchata, existiendo también estos productos en el mercado.

1.2. Hábitats y distribución actual

Cyperus esculentus puede encontrarse en estado natural, como mala hierba o como planta cultivada (de Vries, 1991). Aunque es originaria de una zona cálida y su preferencia son los hábitats húmedos, se ha adaptado a un amplio rango de climas y ambientes, encontrándose en estado natural en EEUU, Canadá, África, India, y países meridionales de Europa, habiéndose extendido también a zonas más septentrionales, como Holanda (Pascual-Seva, 2011).

Cyperus esculentus está considerada como una de las principales malas hierbas en el mundo; concretamente Holm *et al*. (1977) la clasificaron en la decimosexta posición. Es una mala hierba común en Portugal, Francia, Holanda, Alemania y la mayor parte de las zonas tropicales y subtropicales de Asia, África Central y Sudamérica (Defelice, 2002; Pascual-Seva, 2011). Su presencia es importante en España en zonas húmedas, resultando preocupante como maleza en los cultivos de regadío o de secano húmedo en las regiones septentrionales.

Como planta cultivada, ya era conocida en Egipto en el cuarto milenio a. C., habiendo sido probablemente introducida en Europa durante la Edad Media por los árabes, como se ha indicado anteriormente. A mediados de siglo XIX en Alemania se cultivó a pequeña escala, tanto para el consumo en fresco de los tubérculos como para la obtención de un sucedáneo del café (alcanzó una cierta importancia hasta que fue sustituido por la achicoria) y de emulsiones medicinales a partir de sus tubérculos. En Francia también se cultivó a muy pequeña escala (Serrrallach, 1927). Hay constancia de su producción en EEUU a principios del siglo XX; concretamente en Georgia, en 1909, se dedicaron 195 ha al cultivo de la chufa (Killinger y Stokes, 1951). Posteriormente, en el vigésimo segundo censo de Florida, publicado en 1941, se cuantificó su producción en 48.500 kg cosechados en 213 ha, además de 2.862 ha aprovechadas directamente por el ganado porcino (Killinger y Stokes, 1951).

1.3. Encuadramiento taxonómico

El género *Cyperus*, perteneciente a la familia *Cyperaceae* (orden Poales) engloba a unas 600 especies, fundamentalmente de clima tropical, subtropical o templado (Defelice, 2002). *Cyperus esculentus* es diploide, 2n=108 (Maire, 1957; Castell Zeising, 1996); parece ser que tuvo un origen poliploide y que se ha producido un alto índice de diploidización (Horak y Holt, 1986).

Además de chufa, tiene otros muchos nombres comunes sinónimos en los diferentes idiomas, destacando los siguientes (Pascual-Seva, 2011): *xufa* (Valencia), *xufla* y *xuflera* (Cataluña) en catalán; cotufa, castañuela y juncia avellanada (España), coquito (Colombia y Perú), coquillo (Chile y México), coco (Perú), cebollín (México), coyolillo (Nicaragua), chapas (Puerto Rico), cotula, junquillo y tamascal (Argentina) en los países de habla hispana; *tigernut*, *tiger nut*, chufa, *yellow nutsedge*, *nutgrass*, *yellow nutgrass*, *northen nutgrass*, *flatsedge*, *rush*, *rush nut*, *water grass*, *earth almond*, *zulu nuts* y *chew-fa* en los países de habla inglesa; *souchet comestible* en francés; *erdmandel* y *knollencyperngrass* en alemán; *knolcyperus* en holandés; *dolcichigno* y *mandorla di terra* en italiano; *junquinha mansa* en portugués; *hab-el aziz* en árabe (Egipto), *ayaya*, *ofio* y *akiausa* en las lenguas cooficiales de Nigeria, hausa, yoruba e igbo, respectivamente.

Existe una amplia variabilidad morfológica entre las diferentes poblaciones. Las plantas del tipo cultivado tienen una baja incidencia de floración y no toleran las heladas fuertes. Con respecto a los tipos silvestres y/o los considerados como malas hierbas (en adelante denominados conjuntamente silvestres) presentan un hábito de crecimiento menos agresivo, los rizomas son más cortos y la mayor parte de los tubérculos se forman directamente en la base de los brotes; los tubérculos son más grandes, con contenidos más elevados en aceites y azúcares, y presentan una coloración más clara. Dentro de los tipos silvestres también existen diferencias en cuanto a caracteres importantes desde el punto de vista agrícola (Schippers *et al.*, 1995), como por ejemplo, la sensibilidad a los herbicidas, la susceptibilidad al frío y a la baja intensidad luminosa, la agresividad relacionada con la longitud y profundidad de los rizomas, y niveles de floración y tuberización.

Como se ha indicado anteriormente, el material vegetal cultivado en España pertenece a la variedad *sativus* Boeck., y presenta las siguientes características: escasa incidencia de floración; los tubérculos, de forma oblonga-elíptica o esférica son más grandes, de color más claro, más dulces, con mayor conte-

nido en grasa y almidón, y menos fibrosos que los de las plantas silvestres de la variedad *esculentus*.

1.4. Biología

Es una planta C4, es decir que para la fijación del carbono utiliza la vía de Hatch-Slack (o vía C4), presentando una elevada eficiencia fotosintética.

Tras la plantación, cuando se alcanza la temperatura mínima en el suelo (12 ºC) se produce la brotación de los tubérculos a partir de una yema del cono apical (pueden brotar dos y hasta tres yemas) obteniéndose un fascículo triangular de hojas, en cuya base se forma, el denominado bulbo basal. Junto a este se forman bulbos basales secundarios, raíces y rizomas que, a su vez, darán lugar inicialmente a la formación de otros secundarios, y posteriormente, durante el verano y el otoño, a la de tubérculos; así sucesivamente van aumentando el número de brotes y el de tubérculos. Con los marcos de plantación utilizados habitualmente se obtienen generalmente más de 50 brotes por tubérculo plantado. En cultivo en contenedores de 37 cm de diámetro, y por tanto con una mayor separación entre plantas, se han obtenido de 120 a 250 brotes por tubérculo, y de 790 a 1.150 tubérculos por contenedor (valores medios, Pascual, 1981; Castell Zeising, 1996), obteniendo 1.768 tubérculos en un contenedor como valor máximo individual.

Figura 1. Detalle de los bulbos basales secundarios y del sistema radical de una planta joven (izquierda) y vista general del cultivo (derecha)

Las hojas son paralelinervias, de color verde pálido, y poseen un nervio central muy pronunciado. La longitud varía de 20 a 100 cm, y su anchura, de 4 a 9 mm. Se desarrollan a partir del bulbo basal en un fascículo triangular, comenzando por la hoja más externa y progresando hacia el interior. En ocasiones, a través del centro del fascículo se desarrolla un escapo floral, de 20 a 90 cm de longitud, macizo y de sección triangular, que finaliza en una inflorescencia que es una panícula umbeliforme de espigas. Las espigas, de disposición tríslica, presentan una coloración pajiza o marrón-dorada, son alargadas y acuminadas (de 1 a 3 cm de longitud y de 1,5 a 3 mm de anchura), poseen las flores dispuestas en dos carreras. Las flores son pequeñas y aclamídeas; el cáliz y la corola están formados por seis cerdas (Martorell, 1994). Cada flor posee tres estambres y un estigma. La anatomía de las flores es similar a la de las poáceas (Wills, 1987).

La polinización es anemófila, siendo habitualmente autoincompatible (Mulligan y Junkins, 1976). El material vegetal silvestre puede producir abundante semilla viable (Holm *et al.*, 1977), mientras que aunque las inflorescencias del material vegetal cultivado pueden producir semillas viables, el número de estas semillas siempre ha sido reducido (Kelley, 1990; Martorell, 1994; Castell Zeising, 1996). Los frutos son aquenios, con un tamaño aproximado de 1,5 de longitud y 0,8 mm de anchura, de forma triangular, color amarillo o marrón grisáceo, y textura granulosa.

El sistema radical es fasciculado y muy superficial, no soliendo sobrepasar la profundidad de 20 cm. Al brotar una (dos o tres) yema/s del tubérculo inicial se forma un (dos o tres) rizoma/s, de crecimiento ascendente, dando lugar cada uno a un bulbo basal (Stoller *et al.*, 1972). Como se ha indicado anteriormente, junto al bulbo basal se forman otros secundarios, raíces y rizomas. Estos últimos se originan a partir de los tubérculos iniciales o de los bulbos basales. Existen grandes diferencias en las longitudes de los rizomas de los tipos silvestres y cultivados, de manera que mientras en los primeros pueden alcanzar una longitud de 60 cm, y contener más de 30 zonas internodales antes de diferenciarse en el ápice para formar un bulbo basal o un tubérculo, en los tipos cultivados no suelen sobrepasar unos cuantos cm, de manera que en ocasiones parece que el bulbo basal surge directamente del tubérculo.

La formación de los tubérculos implica el cese de la elongación en el extremo del rizoma, produciéndose un engrosamiento radial, acumulando almidón. Durante su formación son de color blanco y con la maduración van adquiriendo externamente un color marrón, con diferentes tonalidades, que

pueden variar desde un color tostado a un marrón oscuro. La forma es variable, desde esferoide a alargada, pasando por aovada.

Para ser considerados comerciales, según la normativa del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia (CRDO; CAPA, 2010), los tubérculos deben tener una longitud y una anchura mínima de 0,9 y 0,7 cm, respectivamente y tener un peso unitario igual o superior a 0,45 g. Los tubérculos presentan de 3 a 7 nudos visibles (generalmente 5 en el material vegetal tradicional) con sus correspondientes yemas laterales (inapreciables a simple vista) y catafilos, inicialmente casi transparentes, pero que posteriormente van oscureciendo al mismo tiempo que lo hace el resto del tubérculo. Al madurar se pierden parcialmente los catafilos, siendo eliminados los que permanecen en el proceso del lavado. En los tubérculos se distinguen perfectamente los extremos basal (en el que se presenta la inserción al rizoma que lo une a la planta madre) y distal o apical, conocido como cono apical, en el que se distingue una yema terminal cónica, rodeada de catafilos.

2. Cultivo

Dado que la repetición del cultivo provoca un descenso del rendimiento (Pascual, 1981), en *L'Horta Nord* de València no es frecuente repetir el cultivo de la chufa en la misma parcela en años consecutivos, sino que alterna con otros cultivos hortícolas como patata, cebolla temprana, zanahoria, coles, sandía, alcachofa, etc.

2.1. Aspectos climáticos

La brotación de los tubérculos exige una temperatura mínima en el suelo próxima a 12 ºC, que suele alcanzarse a mediados de abril. El clima de la comarca es suave, con temperaturas medias de 18 a 24 ºC y elevada humedad relativa, con valores medios de 65 a 70 %. Se trata de un clima Mediterráneo subtropical (Su, Me) con invierno citrus (Ci) y verano algodón menos cálido (g), según la clasificación de Papadakis.

Con relativa frecuencia ocurren intensas lluvias otoñales, concretamente en octubre y noviembre, que de existir pueden retrasar la recolección de los tubérculos. Los vientos fuertes que en ocasiones acompañan a las tormentas estivales, pueden provocar el encamado precoz de las plantas.

2.2. Suelos

Los suelos de la zona, profundos y fértiles, se formaron a partir de los aluviones del Turia. Según el *Soil Survey Staff* (Soil Survey Staff, 2010) pertenecen al gran grupo *Torrifluvents*, del suborden *Fluvent*, orden *Entisoles*. En el pasado fue frecuente el aporte de arena de playa a los campos, por lo que los suelos de la zona suelen ser sueltos, de textura arenosa, arenosa-franca o franco-arenosa, en los que la planta crece y se desarrolla adecuadamente. Debido al tamizado a que son sometidos los suelos en la recolección de los tubérculos, los terrenos están desprovistos de piedras, lo que facilita la recolección y el lavado de los tubérculos. El pH es básico y el contenido en materia orgánica es muy variable, dependiendo del manejo realizado por el agricultor, oscilando normalmente entre 0,7 y 2,5 %.

2.3. Labores preparatorias

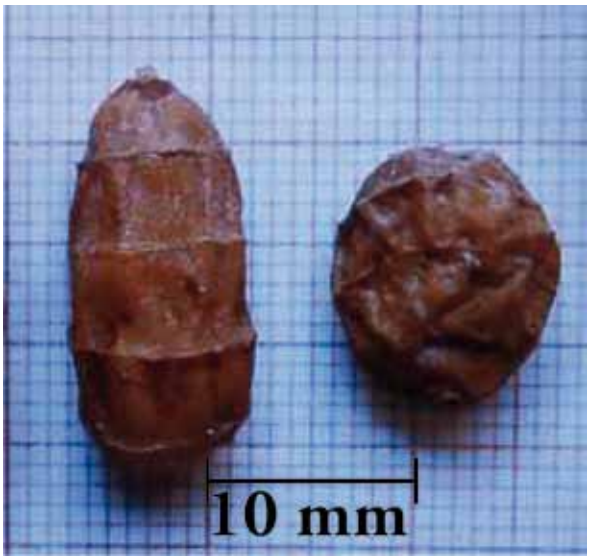
El objetivo de las labores preparatorias es conseguir un suelo suelto, aireado, nivelado, con cantidad adecuada de materia orgánica y de macronutrientes principales, y libre de malas hierbas. En la actualidad se han reducido al máximo posible y, consecuentemente, también el tiempo necesario para su realización, de manera que generalmente inmediatamente después de retirar el cultivo precedente se aporta la materia orgánica y, en su caso, el abono mineral, así como el herbicida, incorporándose a continuación (junto a los residuos del cultivo precedente) con la fresadora. Existen agricultores que prefieren aportar el herbicida inmediatamente después de la plantación. En la actualidad, con la tecnología láser se consigue una nivelación perfecta, con una pendiente longitudinal entre 0,001 y 0,002 $m \cdot m^{-1}$ y una pendiente transversal nula, aunque habitualmente se nivela después de la recolección de los tubérculos, no antes de realizar la plantación, quedando el suelo perfectamente nivelado para el cultivo siguiente. Para estas operaciones suelen utilizarse tractores de gran caballaje.

2.4. Material vegetal

En cuanto al material vegetal autóctono, tal y como refleja el reglamento del CRDO (CAPA, 2010), existen varias formas de tubérculos, entre las que predominan las alargadas y las redondeadas, conocidas tradicionalmente como *llargueta* y *ametlla*, respectivamente.

El equipo de investigación de Horticultura de la UPV realizó unos estudios de selección y tipificación agronómica del material vegetal (Castell Zeising, 1996; Pascual *et al.*, 2003) fruto de los cuales han registrado en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama, 2012), dos cultivares (Figura 2), con las denominaciones de 'Alboraia' (tubérculos de forma alargada y de tamaño grande) y 'Bonrepos' (tubérculos de forma esférica y de pequeño tamaño).

Figura 2. Tubérculos de los dos cultivares registrados en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: 'Alboraia' (izquierda) y 'Bonrepos' (derecha)



2.5. Plantación

La fecha de plantación depende fundamentalmente de la recolección del cultivo precedente. Antiguamente se realizaba durante el mes de junio, después de la cosecha del trigo; posteriormente se adelantó a mayo, y en la actualidad suele realizarse durante la primera quincena de abril, no antes, debido a que la brotación de las yemas de los tubérculos necesita de temperaturas relativamente elevadas (se requiere, como se ha indicado anteriormente, una temperatura mínima en el suelo de aproximadamente 12 ºC, aumentando el porcentaje de tubérculos brotados con el incremento de la temperatura; Pascual y Maroto, 1982a, 1984b). Con el adelanto de la plantación se consigue

un mayor rendimiento, así como que la planta se vea menos afectada por los ataques de *Bactra* (al estar la planta más crecida, y por tanto ser más resistente) y en muchas ocasiones una menor floración.

La plantación suele realizarse con el suelo en tempero, utilizándose una «sembradora de platos» que realiza los caballones, distanciados a 60 cm, y deposita los tubérculos (aproximadamente 120 kg/ha; del orden de 300.000 tubérculos/ha) a una profundidad de 7-8 cm y distanciados a unos 8-10 cm (Figura 3). La sembradora va acoplada a un motocultor, generalmente de 15 a 18 CV, o a un tractor de 25 a 70 CV. En los últimos años se ha ensayado (Pascual-Seva *et al.*, 2012, 2014) la plantación en mesetas de dos y de tres líneas de plantación, obteniendo rendimientos superiores a los obtenidos en caballones.

Figura 3. Plantación en caballones (izquierda) y en mesetas (derecha)

2.6. Riegos

Dada su adaptación a zonas húmedas, sus necesidades hídricas son elevadas. El riego es de gravedad por surcos. El primer riego suele realizarse cuando la planta alcanza una altura de 15-20 cm, lo que suele producirse transcurridos unos 25-30 días desde la plantación. Una frecuencia de riegos típica consiste en regar con una frecuencia quincenal hasta principios-mediados de junio y a partir de septiembre, reduciéndose hasta unos 10 días, e incluso hasta 7 días, desde mediados de junio hasta finales de agosto; en general, el número total de riegos necesarios al año oscila entre 10 y 15, dependiendo de la climatología del año.

Pascual-Seva (Pascual-Seva *et al.*, 2013 b y c) determinó los valores medios de los caudales, dosis de riego y eficiencias de riego habitualmente obtenidas por los agricultores, siendo el valor medio de esta eficiencia, muy bajo (del orden del 35 %). Además optimizó el riego a través del desarrollo y validación de una fórmula en la que obtenía el tiempo de riego en función del caudal unitario, aumentando la eficiencia de riego hasta valores de 78-80 %. Paralelamente se ensayó el riego localizado, obteniendo mayores rendimientos y mayores valores de la eficiencia del uso del agua de riego (Pascual-Seva *et al.*, 2015).

2.7. Fertilización

Los estudios sobre nutrición y fertilización (publicados en una serie de artículos, que van desde Pascual y Maroto, 1982b hasta Pascual-Seva *et al.*, 2009) han constatado que es un cultivo exigente (las extracciones han sido evaluadas en 240-35-300 kg de N-P-K por hectárea). En la actualidad suele realizarse un aporte de materia orgánica inmediatamente antes de la plantación (del orden de 24 t/ha de gallinaza fermentada), y en ocasiones (dependiendo del nivel de fertilidad del suelo) también se aporta en ese momento un abono mineral, generalmente un abono complejo (mayoritariamente 15-15-15), en cantidades que oscilan de 500 a 1.000 kg/ha. Dependiendo de la evolución del cultivo es frecuente realizar en verano un aporte de N y K en forma de NO_3K (en cantidades variables, de 120 a 300 kg/ha), incorporando el abono al agua de riego, en la cabecera de los surcos.

2.8. Labores de cultivo

Durante las primeras fases del cultivo, la chufa compite mal con las malas hierbas típicas de la zona, por lo que hasta hace unos años solía aportarse un herbicida, como la trifluralina en las labores preparatorias, o el linurón en preemergencia del cultivo. Después del primer riego, una vez establecidas las plantas de chufa, se suele dar un pase con la «entauladora», apero de fabricación artesanal, que rompe la costra, rehace los caballones, y en su caso arranca las malas hierbas.

A partir del verano, las plantas adultas cubren totalmente el terreno y resultan sofocantes para la mayoría de las malas hierbas; no obstante, al final del verano algunas malas hierbas pueden adquirir importancia, en cuyo caso se aporta un herbicida (como el oxifluorfen), mediante su incorporación al agua de riego.

2.9. Recolección

La recolección suele realizarse entre mediados de noviembre y mediados de diciembre, aunque la incidencia de lluvias puede prolongarla hasta enero. El sistema aéreo de las plantas se elimina, una vez seco, mediante incineración controlada. El CRDO permite la citada incineración a partir del día 1 de noviembre. Si la incineración es demasiado rápida, puede quedar la parte basal del sistema aéreo unida a los tubérculos, con lo que puede obturarse con facilidad el tambor giratorio de la máquina recolectora, para evitar lo cual se da un pase con la «entauladora»

La máquina utilizada en la recolección de los tubérculos es una recogedora cribadora, arrastrada por un tractor y acoplada a la toma de fuerza del mismo. La máquina (de fabricación artesanal; Figura 4) posee una barra de corte de longitud correspondiente a dos o tres caballones y con profundidad de ataque regulable, que realiza el corte por debajo de los tubérculos. Una fresadora de varillas desmenuza la tierra y una noria de cangilones eleva la tierra y los tubérculos al tambor de cribado, formado por alambres. La tierra se tamiza en el tambor, mientras que los tubérculos, restos vegetales y, en su caso, piedras, salen del prisma y son llevados, mediante una cinta transportadora, a un remolque arrastrado en paralelo.

Figura 4. Recolección de los tubérculos

Tras la recolección se procede al lavado de los tubérculos en lavaderos industriales (Figura 5). En primer lugar se realiza un cribado en el que se retira toda la tierra; a continuación se eliminan los catafilos y raicillas mediante fricción en unos cilindros giratorios en los que los tubérculos son humedecidos mediante duchas. A continuación se limpian las impurezas que quedan, por diferencia de densidad; en primer lugar las pequeñas piedras, y a continuación los tubérculos dañados mediante flotación en unas canaletas. Los tubérculos lavados se llevan al secadero, a granel o ensacados, anteriormente en sacos de 50 kg y en la actualidad en grandes sacas.

Figura 5. Fases del proceso del lavado de los tubérculos

Habitualmente los tubérculos son pesados tras el lavado, obteniéndose en la actualidad unos rendimientos medios de 18.650 kg/ha, llegándose a obtener hasta 24.000 kg/ha. La venta de los tubérculos suele realizarse tras el lavado, pero también puede realizarse tras el proceso de secado, en el que se produce una pérdida de peso del orden del 45 %.

Para obtener un producto de calidad (y con una humedad inferior al 11 %), el proceso artesanal del secado debe realizarse lentamente, durante un período no inferior a tres meses. Los tubérculos se extienden en capas de 10-20 cm de espesor en los almacenes de secado (*cambres*), que son unos recintos ventilados construidos expresamente para el secado de los tubérculos (anteriormente constituían el primer piso de la vivienda habitual del agricul-

tor). Para evitar las enfermedades criptogámicas y conseguir un buen secado es necesario remover periódicamente los tubérculos, hasta dos veces al día en la primera fase. Si durante el proceso de secado llueve de forma prolongada, la humedad ambiental es muy elevada, por lo que se suelen utilizar ventiladores.

Tras el secado de los tubérculos se realiza su limpieza, en la que se eliminan las impurezas que todavía puedan quedar y los posibles tubérculos defectuosos, y también aquellos pequeños. A continuación es habitual realizar una clasificación por tamaños.

El artículo 9 de la *ORDEN 17/2010, de 18 de mayo, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el texto del reglamento de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia y su consejo regulador,* distingue dos tipos de chufa, tierna y seca, distinguiendo a su vez tres tipos de chufa seca. A continuación se presentan las características de las chufas de cada tipo:

a) C*hufa tierna:* la recién recolectada y lavada.
b) C*hufa seca:* el producto sometido a las operaciones de lavado y secado. Posee una humedad de 7,5 a 12 %. Dentro de la chufa seca hay que distinguir:

    - C*hufa seca cosechero:* el producto con un calibre mínimo de 5 mm.
    - C*hufa seca granza* el producto cosechero calibrado, de tamaño igual o superior a 7,5 milímetros

c) *Bajos o destrío*: chufa de calibre inferior a 5 mm. Esta chufa no está protegida por la Denominación de Origen Protegida.

2.10. Accidentes, plagas y enfermedades

Aunque no suelen presentarse graves problemas fitosanitarios, los principales enemigos de la planta son los denominados «barrenadores» de la chufa, que son lepidópteros tortrícidos, pertenecientes al género *Bactra*, que producen galerías en el interior de los brotes, provocando la muerte de los mismos. Para su prevención suelen realizarse tratamientos con clorpirifos o metilclorpirifos. En algunas ocasiones se han constatado ataques de gusanos del alambre (*Agriotes lineatus*) que roen los tubérculos; cuando se han presentado estos

ataques, las aplicaciones al suelo de clorpirifos o de ethoprophos han dado buen resultado.

Durante el secado y almacenamiento de los tubérculos pueden ser frecuentes los ataques de algunos coleópteros. Para su control se recomienda la desinfección de los almacenes de secado con productos como el fosfuro de aluminio.

Hace unos años se constató la presencia de tubérculos con un aspecto negruzco característico, que fue denominada podredumbre negra o *enquitranat* (alquitranado) y ha sido asociada al hongo *Rosellinia necatrix* (García-Jiménez *et al.*, 1997), que no es un problema importante en la actualidad. En los primeros años del siglo XXI en la fase inicial del cultivo se ha observado la presencia de una decoloración de la mitad superior de las hojas, y que a los pocos días evoluciona a necrosis. Normalmente afecta únicamente a algunos pocos brotes de las plantas, por lo que la sintomatología pasa desapercibida cuando las plantas son adultas. De las plantas afectadas se ha aislado (Montaño, 2008) un hongo ascomiceto, descrito y clasificado como *Alfaria cyperi-esculenti* (Crous *et al.*, 2014). La enfermedad se ha denominado «necrosis foliar» (Montaño, 2008). Las plantas afectadas producen tubérculos de coloración rojiza-anaranjada, que son portadores del hongo y trasmisores de la enfermedad. Se han obtenido resultados prometedores tratando los tubérculos, de forma combinada, con termoterapia y con fungicidas como carbendazima o procloraz (Montaño, 2008). No obstante, dado que la enfermedad se transmite mediante los tubérculos, actualmente, la mejor medida es la selección rigurosa de los tubérculos para la plantación, desechando los que presenten la sintomatología y, sobre todo, los procedentes de parcelas manifiestamente afectadas.

En las últimas campañas, el equipo de investigación de horticultura del Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (UPV) ha detectado la incidencia (poco importante en la actualidad) de dos fisiopatías en los tubérculos, que ha denominado «cono apical necrosado» y «nudos necrosados».

3. Composición nutricional y propiedades de los tubérculos

Los datos publicados sobre la composición de los tubérculos presentan una cierta variabilidad, en parte debida al diferente material vegetal utilizado –generalmente los tubérculos analizados o bien proceden de Valencia, o bien han sido comprados en mercados de determinadas ciudades africanas–, y en parte a la variabilidad existente entre los tubérculos de un mismo clon. A este respecto, Castell Zeising (1996) obtuvo una baja heredabilidad de los pará-

metros relacionados con la composición química de los tubérculos, mientras que obtuvo una elevada heredabilidad de algunos parámetros morfológicos de los tubérculos.

Los valores de la composición nutricional exigidos por el CRDO (CAPA, 2010) son (% m.s.): almidón (25-40); grasa (23-31); azúcares (11-17,5); proteínas (6,5-12); humedad (7,5-12). El almidón se encuentra en forma de gránulos de forma redondeada y color blanco puro. La sacarosa es el azúcar que se encuentra en mayor proporción, mientras que los azúcares reductores (glucosa, fructosa y galactosa) se encuentran en muy baja proporción.

El contenido en ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico y mirístico) es comparativamente bajo (aproximadamente el 20 % del total) con respecto a los insaturados (oleico, palmitoleico, linoleico, linolénico; aproximadamente el 80 % del total), predominando el oleico. El aceite de chufa presenta un color ambarino claro (amarillento dorado) y un sabor suave y neutro.

En cuanto a los compuestos nitrogenados, el aminoácido más abundante es la arginina, seguido de los ácidos glutámico y aspártico. Respecto a las fracciones proteicas, destaca la elevada proporción (del orden del 81 %) de las albúminas, que son proteínas solubles en agua o en disoluciones salinas diluidas, lo que compagina bien con los altos rendimientos que se obtienen en el proceso de la elaboración de la horchata (Morell y Barber, 1983).

Los tubérculos de chufa poseen un contenido bastante elevado en fibra dietética, compuesta fundamentalmente de celulosa (4,9 % m.s.) y lignina, (11,4 % m.s. del conjunto de celulosa y lignina). Debido a su alto contenido en fibra dietética y por su agradable sabor a almendra, se ha aconsejado utilizar los tubérculos de chufa como una buena fuente de fibra dietética en la tecnología de los alimentos (Linssen *et al.*, 1989).

En el proceso de elaboración de la horchata se generan varios subproductos, de entre los que destaca el residuo sólido, rico en fibra dietética, que tras el prensado recibe el nombre de fibra de chufa. Sánchez-Zapata *et al.* (2009) en un ensayo en el que utilizaron fibra de chufa en la formulación de hamburguesas de cerdo, concluyeron que la aplicación de fibra de chufa es una práctica prometedora, que incrementa el valor nutricional y mejora las características para la cocina, sin disminuir su aceptación sensorial.

En cuanto al contenido en elementos minerales, el rango de los valores medios de los contenidos de los tubérculos de chufa es el siguiente (Pascual-Seva, 2011): macronutrientes (% m.s.), P (0,21-0,27), K (0,42-1,48), Ca

(0,09-0,30), Mg (0,04-0,12), Na (0,03-0,15), y micronutrientes (ppm), Fe (21,6-100,0), Zn (30,0-79,1), Cu (6,0-20,1), Mn (2,5-8). Casi la mitad del fósforo de los tubérculos de chufa está en forma de fósforo fitínico.

Los tubérculos de chufa contienen vitamina C o ácido ascórbico (6 mg/100 g), vitamina E o tocoferol (10 mg/100 g) y ácido fólico (141 µg/100 g) (Moreiras *et al.*, 2009). La horchata de chufa contiene vitamina B1, niacina y ácido fólico (Alegría y Farré, 2003). Los tubérculos contienen las enzimas amilasa y lipasa, que confieren a la horchata propiedades eupépticas, facilitando la digestión de los hidratos de carbono y grasas, aliviando las molestias de flatulencia, meteorismo y reflujo gastroesofágico (Bixquert, 2003).

Los tubérculos de chufa presentan una cierta capacidad antioxidante, en parte debido a su contenido en polifenoles, pero probablemente también debido a su contenido en compuestos como el tocoferol y el ácido ascórbico; también posee la capacidad de estimular la actividad de la enzima convertidora de la angiotensina-I, lo que podría provocar un incremento de la tensión sanguínea, pudiendo ser aprovechado en casos de hipotensión (Pascual-Seva *et al.*, 2013a).

Sánchez Tamés *et al.* (1973) obtuvieron que el extracto metabólico de tubérculos de material vegetal silvestre (*Cyperus esculentus* Ten. var. *aureus* Richt) contenía varios componentes (ácidos hidroxibenzoico, vinílico, siríngico, ferúlico y cumárico, así como cuatro componentes activos, que no identificaron) que inhibían el crecimiento del coleoptilo de avena y la germinación de las semillas de varias especies.

4. Elaboración y clases de horchata de chufa

La horchata de chufas, o simplemente horchata (Real Decreto 1338/1988; MRCSG, 1988), es una bebida nutritiva, de aspecto lechoso, obtenida mecánicamente a partir de los tubérculos de chufa, con o sin adición de azúcar, con color, sabor y aroma típicos de los tubérculos de los que proceden. El proceso de elaboración de la horchata incluye las siguientes fases: lavado, selección (eliminando los tubérculos defectuosos), rehidratación, desinfección, trituración, prensado, tamizado, adición (en su caso) de azúcar y enfriamiento.

A continuación se enumeran las clases de horchata existentes (Real Decreto 1338/1988; MRCSG, 1988): horchata natural u horchata de chufas na-

tural (la horchata sin adición de azúcar se denomina horchata no azucarada); horchata de chufa pasterizada; horchata de chufa esterilizada; horchata UHT; horchata de chufa concentrada; horchata de chufa condensada pasterizada; horchata de chufa condensada congelada; horchata de chufa en polvo.

5. Economía del cultivo

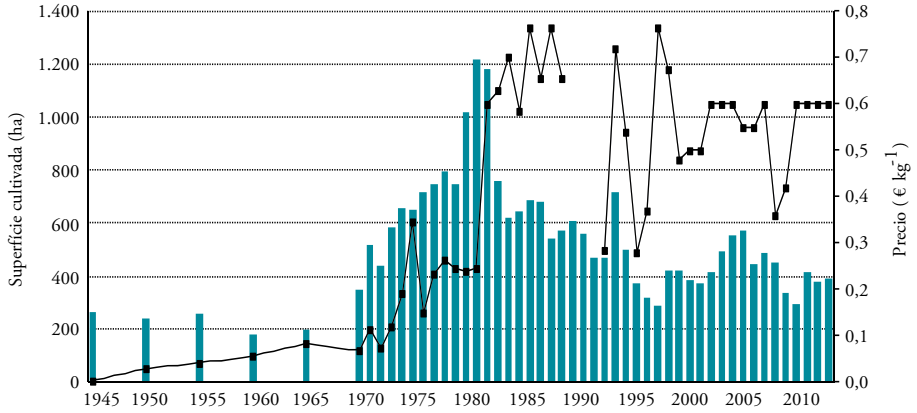
A pequeña escala se cultiva en Egipto, Níger, Nigeria, Burkina Faso, Ghana, Mali, Senegal, Costa de Marfil y Turquía; además de los países citados, se ha señalado el interés por su cultivo, fundamentalmente para su utilización en tecnología de los alimentos y en la producción de biodiesel, en Brasil, Camerún, Hungría, República de Corea, Polonia y EEUU (Abdel-Nabey, 2001; Coskuner *et al.*, 2002; Djomdi *et al.*, 2007, Matos *et al.*, 2008).

En la actualidad, la superficie dedicada en España al cultivo de la chufa oscila alrededor de las 400 ha, con un rendimiento medio de 18.000 a 19.000 kg/ha^{-1} y una producción total en torno a 8.000 t kg (Magrama, 2014). La Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia ampara a los 16 términos municipales siguientes: Albalat dels Sorells, Alboraia, Albuixech, Alfara del Patriarca, Almàssera, Bonrepòs i Mirambell, Burjassot, Foios, Godella, Meliana, Montcada, Paterna, Rocafort, Tavernes Blanques, Valencia y Vinalesa. Valencia y Alboraia son los municipios que dedican una mayor superficie (139 y 128 ha, respectivamente; CRDO, comunicación personal).

En el Gráfico 1 se presentan las evoluciones de la superficie dedicada al cultivo de la chufa y del precio de los tubérculos recibido por los agricultores. Se constata la existencia de una clara correlación entre ambas evoluciones, de manera que a cada incremento (o disminución) del precio le ha seguido un incremento (o disminución) de la superficie.

En cuanto a superficie, el máximo histórico en España se produjo en 1981, año en el que se produjeron 12.160 t en una superficie de 1.217 ha, con un rendimiento medio de 10.000 kg/ha (MAPA, 1996). Inmediatamente antes se produjo un incremento espectacular de la superficie dedicada a su cultivo, debido probablemente a la mayor rentabilidad, motivada por el paso de la recolección de los tubérculos, de manual a mecanizada, seguida del lavado de las chufas en lavaderos industriales. La mayor producción de tubérculos condujo a una disminución del precio de las chufas, lo que provocó la disminución progresiva de la superficie de cultivo.

Gráfico 1. Evolución de la superficie dedicada al cultivo y del precio recibido por los agricultores (chufa tierna) en España



Fuente: MAPA (1996), Magrama (2014) y Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia (comunicación personal). Elaboración propia.

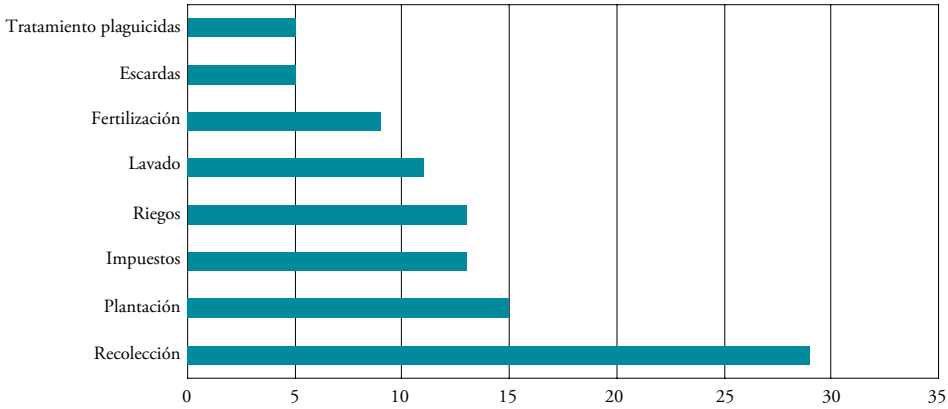
Anualmente se elaboran alrededor de 40 millones de litros de horchata, para lo que se necesitan más tubérculos de los que actualmente se producen en la zona amparada por el CRDO, por lo que existe un abastecimiento de terceros países, importándose chufa seca de países como Burkina Faso, Ghana, Mali, Níger y Nigeria. En la actualidad, como se ha indicado anteriormente, la horchata de elaboración industrial supone del orden del 80 al 85 % del total elaborado, siendo probablemente este, el destino mayoritario de los tubérculos importados. Paralelamente se exporta chufa seca a Portugal, Reino Unido y Francia (CRDO, comunicación personal).

En los primeros años del siglo XXI se convirtió en uno de los cultivos rentables y más estables dentro de *L'Horta de València*. No obstante, la disminución del precio de los tubérculos percibido por los agricultores –consecuencia de varios factores, entre los que cabe citar las importaciones y la disminución del consumo (debido, probablemente, a la crisis económica)–, rompió la citada estabilidad y de nuevo se observó una cierta recesión en su cultivo. La reducción de la superficie observada a lo largo de los años se ha visto parcialmente compensada con el aumento del rendimiento, de modo que de un rendimiento medio de 10.000 kg/ha obtenido en 1981 se pasó a 13.800 kg/ha en 1992 y a 18.000-19.000 kg/ha en la actualidad (Magrama, 2014), consecuencia probablemente de un mejor manejo del cultivo. El

precio de los tubérculos recibido por los agricultores se ha estabilizado en los últimos años en 0,60 euros/kg.

El coste real del cultivo está en torno a 7.500 euros/ha (sin considerar la renta de la tierra ni el capital circulante), lo que supone un coste de producción de 0,41 euros/kg de chufa tierna; en cuanto a costes, los apartados más importantes son la recolección y la plantación, que suponen respectivamente el 29 y el 15 % del coste total. Si se consideran la renta de la tierra y el capital circulante el coste total está en torno a 11.400 euros/ha, equivalente a 0,62 euros/kg de chufa tierna.

Gráfico 2. Distribución del coste de producción. En porcentaje respecto del coste total



Fuente: Reig (2003). Elaboración propia.

Considerando un rendimiento medio de 18.500 kg/ha y un precio de 0,6 euros/kg (en ambos casos, de chufa tierna) los ingresos ascienden a 11.100 euros/ha, suponiendo, por tanto, un beneficio estimado de 3.600 euros/ha, respecto al coste real (es decir considerando que el agricultor es el propietario, y, por tanto, no arrienda la tierra, y dispone del capital circulante), pero supone una pérdida de 300 euros/ha si se considera el coste total (incluyendo la renta de la tierra y el capital circulante), puesto que el precio de venta del producto es inferior al coste total de producción, lo que por otra parte no es infrecuente en algunos productos agrícolas.

6. Retos y perspectivas

Dado que en la última campaña algunos agricultores obtuvieron algún céntimo de euro más por kg de chufa tierna, y que en el verano de 2015 se observó un incremento en el consumo de horchata, probablemente propiciado en parte por las elevadas temperaturas registradas; y considerando también las nuevas aplicaciones de la chufa y de la horchata en la cocina y en la gastronomía, se presenta una imagen optimista del sector, que debería garantizar la pervivencia del cultivo de la chufa a medio y largo plazo.

Referencias bibliográficas

Abdel-Nabey, A. A. (2001): «Chemical and technological studies on chufa (tiger nut) tubers (*Cyperus esculentus* L.)»; *Alexandria Journal of Agricultural Research* (46); pp. 71-80.

Alegría, A. y Farré, R. (2003): «Horchata y salud. Aspectos nutricionales y dietéticos»; en Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 55-70.

Bixquert, M. (2003): «Horchata y salud. Propiedades saludables y de prevención de enfermedades digestivas»; en Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 71-85.

CAPA (Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación) (2010c): «Orden 17/2010, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el texto del reglamento de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia y su consejo regulador»; *Diari Oficial de la Comunitat Valenciana* (6273/24.05.2010:21055-21069).

Castell Zeising, V. (1996): *Determinación y tipificación agronómica de clones de chufa (*Cyperus esculentus L.*) cultivados en l'Horta Nord de Valencia*. Tesis doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

Cavanilles, A. J. (1795): *Historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*. Madrid, Imprenta Real. (reedición de 1972, Valencia, Artes Gráficas Soler).

Coskuner, Y.; Ercan, R.; Karababa, E. y Nazlican, A. N. (2002): *Journal of the Science of Food and Agriculture* (82); pp. 625-631.

Crous, P. W. *et al.* (2014): «Fungal Planet description sheets»; *Persoonia* (32); pp. 184-306.

De Vries, F. T. (1991): «Chufa (*Cyperus esculentus*, Cyperaceae): a weedy cultivar or a cultivated weed?»; *Economic Botany* (45); pp. 27-37.

Defelice, M. S. (2002): «Yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L.-Snack food of the gods»; *Weed Technology* (16); pp. 901-907.

Djomdi; Ejoh, R. y Ndjouenkeu, R. (2007): «Soaking behaviour and milky extraction performance of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) tubers»; *Journal of Food Engineering* (78); pp. 546-550.

García-Jiménez, J.; Busto, J.; Armengol, J.; Martínez-Ferrer, G.; Sales, R. y García-Morató, M. (1997): «La podredumbre negra o *alquitranat*; un grave problema de la chufa en Valencia»; *Agrícola Vergel* (183); pp. 144-148.

Holm, L. G.; Plucknett, D. L.; Pancho, J. V. y Herberger, J. P. (1977): *The world's worst weeds: distribution and biology*. Hawaii (EEUU), The University Press of Hawaii.

Horak, M. J. y Holt, J. S. (1986): «Isozyme variability and breeding systems in populations of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*)»; *Weed Science* (34); pp. 538-543.

Kelley, J. R. (1990): «Biomass production of chufa (*Cyperus esculentus*) in a seasonally flooded wetland»; *Wetlands* (10); pp. 61-67.

Killinger, G. B. y Stokes, W. E. (1951): «Chufas in Florida»; *Bulletin* (419). Florida (EEUU), University of Florida, Agriculture Experimental Station, Gainesville.

Linssen, J. P. H.; Cozijnsen, J. L. y Pilnik, W. (1989): «Chufa (*Cyperus esculentus*): a new source of dietary fibre»; *Journal of the Science of Food and Agriculture* (49); pp. 291-296.

Maire, R. (1957): *Flore de l'Afrique du nord* (Vol IV). Monocotyledonae. Paul Lechevalier, Paris, France.

Magrama (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) (2012): «Orden AAA/1403/2012, de 18 de junio, por la que se dispone la concesión de títulos de obtención vegetal en el Registro de Variedades Protegidas»; *Boletín Oficial del Estado* (154/28.06.2012:46064-46065).

Magrama (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) (2014): *Anuario de estadística 2014*. Madrid. http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2014.

MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (1996): *Anuario de Estadística Agraria 1994*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Maroto, J. V. (2003): «La chufa. Introducción histórica y su cultivo»; en Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, ed.: *Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 19-28.

Martorell, E. (1994): P*roducción de inflorescencias, semillas y poder germinativo de las mismas en diversos clones de chufa (*Cyperus esculentus L.*)*. Trabajo Fin de Carrera. Valencia, EUITA, Universidad Politécnica de Valencia.

Matos, F. J. A.; Cavalcanti, F. S. y Parente, J. P. (2008): «Estudo agronómico qualitativo e quantitativo de *Cyperus esculentus* L. (junça)-Uma fonte inexplorada de alimento energético»; *Revista Ciência Agronômica: Fortaleza* (39); pp. 124-129.

Montaño, N. J. (2008): *Etiología, epidemiología y control de la necrosis foliar de la chufa (*Cyperus esculentus L.*)*. Tesis Doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

Moreiras, O.; Carbajal, A.; Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2009): *Tablas de composición de alimentos*. Madrid, Pirámide. 13.ª edición.

Morell, J. y Barber, S. (1983): *Chufa y horchata: características físicas, químicas y nutritivas*. Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC).

MRCSG (Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno) (1988): Real Decreto 1338/1988, de 28 de octubre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración y Venta de Horchata de Chufa. Boletín Oficial del Estado núm. 270/10.11.1988: 32069- 32073. Texto consolidado 29/03/2013.

Mulligan, G. A. y Junkins, B. E. (1976): «The biology of Canadian weeds»; *17 Cyperus esculentus L. Canadian Journal of Plant Science* (56); pp. 339-350.

Pascual, B. (1981): *Estudio para la mejora de las técnicas de fertilización y cultivo de la chufa (Cyperus esculentus L.) en la provincia de Valencia*. Tesis doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

Pascual, B. y Maroto, J. V. (1982a): «Basic study of the hypothetical dormancy of tubers from the Spanish cultivated populations of chufa (*Cyperus esculentus* L.)»; *Abstracts* (vol. I). XXIst International Horticultural Congress; pp. 1519.

Pascual, B. y Maroto, J. V. (1982b): «The productive response of the chufa crop (*Cyperus esculentus* L.). to different mineral fertilizer combination and determination of fertilizer extraction and its evolution over the chufa cycle»; *Abstrscts* (vol. I). XXIst International Horticultural Congress; pp. 1607.

Pascual, B. y Maroto, J. V. (1984a): *Estudios agronómicos realizados en el cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus L.*)*. Valencia, Diputación Provincial de Valencia.

Pascual, B. y Maroto, J. V. (1984b): «Ensayo en contenedores y en pleno campo sobre la influencia de la fecha de plantación del cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L.)»; *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias* (25); pp. 79-86.

Pascual, B.; Maroto, J. V.; San Bautista, A.; Alagarda, J. y López-Galarza, S. (2003): «Morfological and productive characteristics of nine «chufa» (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) clones»; *Acta Horticulturae* (614); pp. 85-88.

Pascual-Seva N. (2011): *Estudios agronómicos sobre el cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus L. var. sativus Boeck*): estrategias de riego, tipos de plantación, absorción de nutrientes, y análisis fitoquímico.* Tesis doctoral. Valencia, Universitat Politècnica de València.

Pascual-Seva, N.; Pascual, B.; San Bautista, A.; López-Galarza, S. y Maroto, J. V. (2009): «Growth and nutient absorption in chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) in soilless culture»; *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* (84); pp. 393-398.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2012): «Yield and Water Use Efficiency under Ridge and Bed Cultivated Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.)»; *Acta Horticulturae* (936); pp. 125-131.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Patil, B.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2013a): «Análisis fitoquímico de tubérculos de chufa»; *VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Innovar y Producir para el Futuro.* Madrid, ed. F. G. UPM; pp. 692-697.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2013b): «Furrow-irrigated chufa crops in Valencia (Spain). I: Productive response to two irrigation strategies»; *Spanish Journal of Agricultural Research* (11); pp. 258-267.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2013c): «Furrow-irrigated chufa crops in Valencia (Spain). II: Performance analysis and optimization»; *Spanish Journal of Agricultural Research* (11); pp. 268-278.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2014): «Saving water in chufa cultivation by using flat raised beds and drip irrigation»; *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE 140, 040130081-040130087.

Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Maroto, J. V. y Pascual, B. (2015): «Response of nutsedge (Cyperus esculentus L. var sativus Boeck.) tuber production to drip irrigation based on volumetric soil water content»; *Irrigation Science* (33); pp. 31-42.

Reig, E. (2003): *Estudio sobre la dimensión económica y la evolución del sector amparado por la DO 'Chufa de Valencia'*. Valencia, Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia.

Sánchez Tamés, R.; Gesto, M. D. V. y Vieitez, E. (1973): «Growth substances isolated from tubers of Cyperus esculentus var. aureus»; *Physiologia Plantarum* (28); pp. 195-200.

Sánchez-Zapata, E.; Muñoz, C. M.; Fuentes, E.; Fernández-López, J.; Sendra, E.; Sayas, E.; Navarro, C. y Pérez-Álvarez, J. A. (2009): «Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger»; *Meat Science* (85); pp. 70-76.

Schippers, P.; Ter Borg, S. J. y Bos, J. J. (1995): «A revision of the infraspecific taxonomy of Cyperus esculentus (yellow nutsedge) with an experimentally evaluated character set»; *Systematic Botany* (20); pp. 461-481.

Serrallach, J. (1927): *Die wurzelkolle von* Cyperus esculentus L. Frankfurt am Main (Deutschland), Universität Frankfurt am Main.

Soil Survey Staff (2010): *Keys to soil taxonomy, 11th edn*. Washington, USDA Natural Resources Conservation Service.

Stoller, E. W.; Nema, D. P. y Bhan, V. M. (1972): «Yellow nutsedge tuber germination and seedling development»; *Weed Science* (20); pp. 93-97.

Wills, G. D. (1987): «Description of purple and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* and *C. rotundus)*»; *Weed Technology* (1); pp. 2-9.

Zanahoria

Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach,
Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas,
Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartalomé Cerdán, Rafael Domene Rubio
y Susana Sanjuan Vidal
Cooperativa Agrícola Villena

1. Introducción

La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y de la zona este del Mediterráneo donde se puede encontrar de forma espontánea. Afganistán sería el centro de origen exacto, debido a la mayor diversidad de formas silvestres que se encuentran en ese país, y el resto de las áreas de la zona señalada serían centros secundarios de diversidad y domesticación.

Fue cultivada y consumida desde la antigüedad por griegos y romanos. En una pintura bien conservada en Pompeya se pueden ver raíces de zanahorias en manojos junto a otras hortalizas. En la Roma Antigua no era una hortaliza muy popular, debido a que no la consideraban muy saludable, motivo por el cual, los romanos no la difundieron por el resto de Europa.

Los árabes, desde el norte de África, la llevaron a España desde donde fue introducida al resto de Europa. En el siglo XIV había llegado ya a Gran Bretaña, pero tendrían que pasar más de cien años para que el cultivo tomara cierta importancia.

Durante estos años se cultivaban variedades moradas, blancas y amarillas. No fue hasta el siglo XVII que los horticultores holandeses produjeron una zanahoria anaranjada (precursora de nuestras variedades actuales) que contenía gran cantidad de caroteno y además retenía su color durante la cocción.

2. Características botánicas

Pertenece a la familia botánica *Umbelliferae* y su nombre científico es el de *Daucus carota* L.

La zanahoria es una planta bienal de estación fría con un crecimiento óptimo entre los 15 ºC y los 25 ºC de temperatura. El hecho de que sea bienal no significa estrictamente que su cultivo comercial dure dos años sino que tiene dos etapas de crecimiento: una etapa vegetativa y una etapa reproductiva. Durante el primer período de crecimiento, o etapa vegetativa, la planta produce un tallo muy comprimido al ras de suelo y una roseta de hojas, acumulando reservas carbonadas en su raíz hipertrofiada. Tras un período de vernalización o exposición a bajas temperaturas (entre 0 y 10 ºC), hecho que generalmente ocurre durante el invierno, comienza la etapa reproductiva. En la misma se produce la elongación del tallo y la floración, para lo cual la planta utiliza las reservas acumuladas en la raíz, provocando una lignificación y pérdida del valor comercial de la misma.

2.1. Morfología y anatomía

Tallo: durante la etapa vegetativa se encuentra sumamente comprimido al ras del suelo, por lo tanto sus entrenudos no son visibles. En los nudos se encuentran las yemas que dan origen a la roseta de hojas. Una vez que comienza la etapa reproductiva, los entrenudos del tallo se alargan y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. El tallo y las ramas son ásperos y pubescentes. Una planta puede tener uno o varios tallos florales cuyo alto varía entre 60 y 200 cm.

Hojas: la primera hoja verdadera emerge 1 o 2 semanas después de la germinación. Las hojas son pubescentes, 2-3 pinnatisectas, con segmentos lobulados o pinnatífidos. Los pecíolos son largos, expandidos en la base.

Raíz: anatómicamente las raíces de la zanahoria están compuestas por el floema (en la parte más externa) y el xilema o corazón en la parte central. Las zanahorias de alta calidad son aquellas que poseen mayor contenido de floema que xilema, es decir, que tienen un corazón pequeño, ya que el floema tiene mayor capacidad para acumular azúcares y carotenos. La forma de las raíces puede ser desde redondeada hasta cilíndrica, encontrándose diversas formas intermedias. El diámetro de la parte superior varía desde 1-2 cm en algunas variedades hasta 10 cm en otras. Su longitud se extiende entre 5 y 50 cm, aunque la mayoría de las variedades tienen raíces comprendidas entre los 10 y 25 cm. Además de las zanahorias naranjas, mundialmente se cultivan zanahorias de otros colores como blancas, rojas, amarillas y púrpuras. La diferencia entre estas raíces son los pigmentos que poseen: las zanahorias naranjas poseen

mayormente β-carotenos, las rojas poseen licopenos, las amarillas xantófilas, las púrpuras antocianinas y las blancas no tiene ningún pigmento.

Inflorescencia, flores y semillas: la inflorescencia está formada por umbelas compuestas que aparecen en posición terminal y cada planta tiene una central, o primaria o de primer orden, que corresponde al tallo principal. Las sucesivas ramificaciones del tallo producen umbelas de segundo, tercer y hasta séptimo orden. Estos nuevos órdenes son progresivamente más pequeños y se desarrollan más tarde. Una umbela primaria grande puede tener hasta 50 umbélulas, y cada umbélula contener hasta 50 flores. Generalmente las flores de zanahoria son hermafroditas, pequeñas y blancas, o blancas con tonalidades verdes o púrpuras. Cada flor tiene 5 pequeños sépalos verdes, 5 pétalos, 5 estambres (órganos masculinos portadores del polen) y un ovario bilocular con dos estilos. En zanahoria existe androesterilidad, las anteras no producen polen, destacándose dos tipos de androesterilidad: el de las anteras marrones que degeneran y se marchitan antes de la antesis; y la androesterilidad del tipo petaloide, en el cual los estambres son reemplazados por pétalos. La androesterilidad es utilizada para la producción de híbridos. En el desarrollo de cada flor los estambres maduran antes que el estigma; a su vez en cada umbélula se abren primero las flores externas y luego las centrales. Mientras, en cada umbela, las umbélulas de la periferia abren primero. La floración de cada umbela (apertura de la totalidad de sus flores) dura entre 7 y 10 días, y la diferencia entre las distintas órdenes de umbelas es de 7 días. Es decir que la floración de una planta de zanahoria abarca un período entre 30 y 50 días, dependiendo de la cantidad de umbelas por planta. La polinización se produce por medio de insectos. El fruto de cada flor de zanahoria consiste en un esquizocarpo compuesto por dos aquenios unidos. Cada aquenio es lo que comúnmente se denomina semilla y su peso varía entre 0,8 y 3 g cada 1.000 semillas.

3. Cultivo

3.1. Aspectos climáticos

Es un cultivo que presenta gran sensibilidad al medioambiente en el que se desarrolla en relación a su vegetación y raíz. Después de la nascencia no tolera muy bien las altas temperaturas. Si se producen, algunas mueren, y las que no, sufren un crecimiento anormal de la raíz. Por otro lado, si cuando llegan temperaturas frías, el cultivo tiene las raíces poco desarrolladas estas no llegarán a alcanzar el tamaño y la forma deseada para su venta.

Este aspecto es decisivo a la hora de elegir las variedades que se van a cultivar, conociendo muy bien las características climáticas que se dan en la zona. Además, las bajas temperaturas en determinadas etapas del ciclo, así como la sequía, pueden inducir una subida a flor prematura.

En condiciones normales, la zanahoria desarrolla primeramente una roseta de hojas y almacena posteriormente sus reservas en la propia raíz, hipertrofiándola. Según estudios, las variedades más tardías son las que tienen una acumulación de azúcares mayor.

Durante el segundo año, el cultivo emite el tallo floral que se expansiona gracias a las reservas acumuladas en la raíz. Es una planta de día largo.

En general se admite que las semillas más grandes son las que germinan mejor, sobre todo en suelos compactos.

Existen algunos cultivares más resistentes a subida a flor que otros. Según estudios, con una temperatura de crecimiento de 21-27 ºC, no se debe producir subida a flor de ninguna planta. Para temperaturas de 15-21 ºC el porcentaje es muy pequeño. Sin embargo, si se someten a una temperatura de entre 4-10 ºC durante 15 días suben a flor del 100 % de las plantas.

La subida a flor prematura hace que la zanahoria pierda su interés comercial por completo, ya que produce una lignificación de los tejidos radiculares.

Puede germinar a partir de 4-5 ºC, pero su rango térmico óptimo está entre 7 y 29 ºC, y la temperatura óptima en torno a los 25-27 ºC. Es medianamente resistente a las bajas temperaturas, dependiendo su mayor o menor susceptibilidad del cultivar.

Su cero vegetativo suele establecerse en 7 ºC y su temperatura óptima de crecimiento entre 15 y 18 ºC. Una temperatura excesivamente elevada puede repercutir en una coloración más clara de las raíces, una forma menos cilíndrica y una longitud más corta.

Es una planta exigente en humedad. El estrés hídrico puede inducir la formación de fibrosidades en las raíces que las deprecian y, en caso de alternanacia con grandes aportes de agua, resquebrajamientos radiculares.

3.2. Suelos

Prefiere suelos ricos, de textura ligera o media. Los terrenos excesivamente compactos provocan fibrosidades, menor longitud y sección de las raíces, así como una mayor proclividad al desarrollo de enfermedades criptogámicas. Es

una planta moderadamente tolerante a la acidez (5,5 < pH < 6,8), que tampoco resiste el exceso de alcalinidad y está considerada como bastante sensible a la salinidad de suelos y aguas (por encima de 1 dS/m del CEs hay descensos de rendimiento, en un 14 % por cada dS/m adicional).

3.3. Calendario de producción

El calendario está dividido en 3 zonas principales de producción:

- Sureste: formado por la comarca del Vinalopó en Alicante (principalmente la zona de Villena) y parte de Castilla-La Mancha (provincia de Albacete).
- Andalucía: la zona productiva más importante se encuentra en la provincia de Cádiz.
- Castilla y León: las provincias de Segovia y Valladolid son las que más hectáreas de zanahoria producen.

Una planificación aproximada podría ser la representada en la Tabla 1.

Tabla 1. Planificación anual zonal

Zona	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Sureste	■	■	■	■	■	■	■					■
	▒	▒	▒				▒	▒	▒	▒	▒	▒
Castilla y León	■	■	■	■	■	■						
	▒	▒	▒				▒	▒	▒	▒	▒	▒
Andalucía	■	■							■	■	■	■
	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒					

■ Siembra ▒ Recolección

3.4. Siembra y material vegetal

El objetivo es posicionar las semillas en el suelo, previamente bien preparado, ofreciéndoles la capacidad de germinar rápidamente (profundidad adecuada) y de desarrollarse minimizando la competencia con las otras plántulas (espacio entre plantas).

Esta delicada operación influye directamente sobre el rendimiento, puesto que es en la siembra donde determinamos la densidad (número de plantas/ha).

Atendiendo a la fecha aproximada de recolección, las de siembra según la zona (zona cálida: Andalucía, zona fría: Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y Castilla y León) serían las que observamos en la Tabla 2.

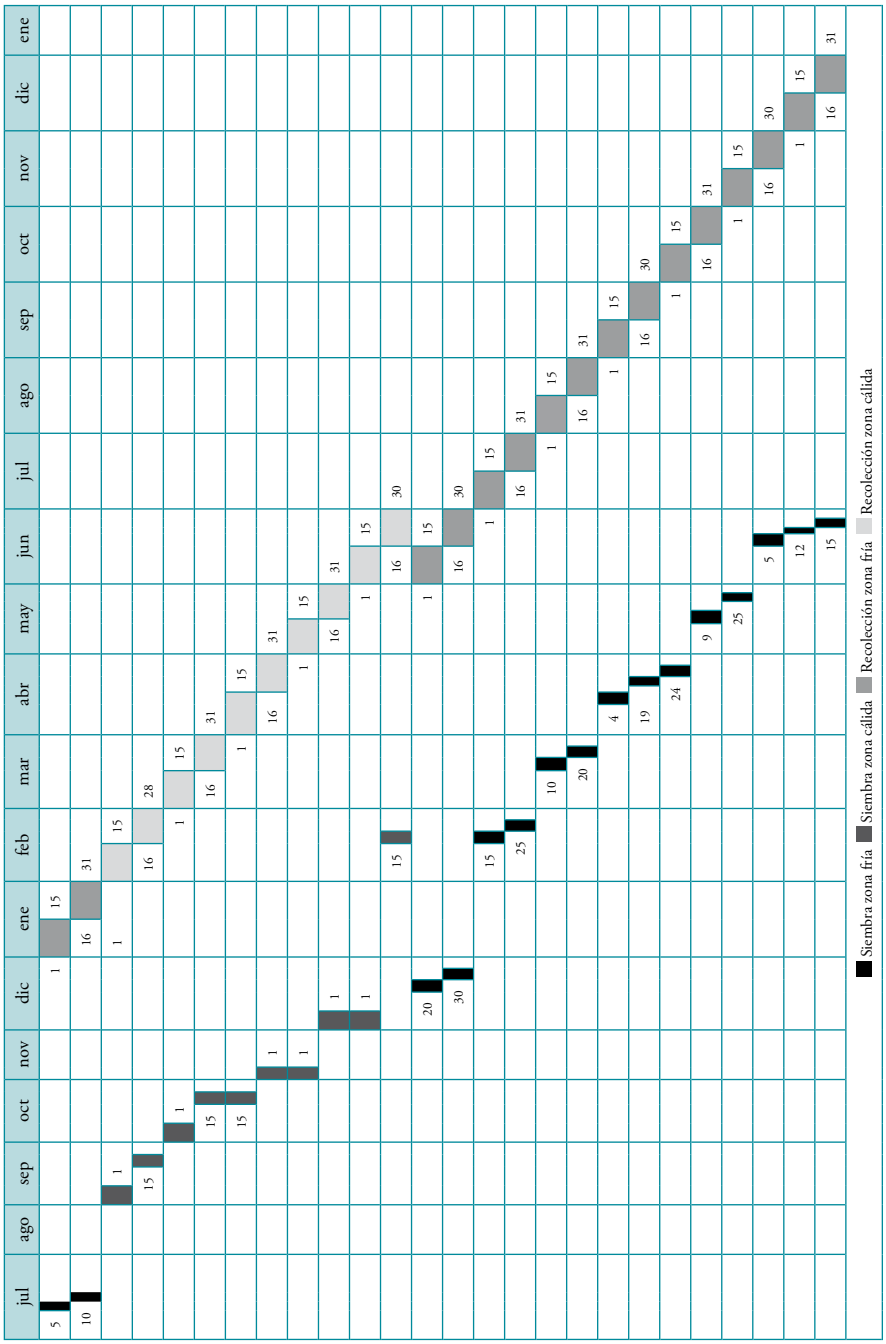
Figura 1. Plantación de zanahoria

Tabla 2. Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

Quincena recolección		Zanahoria	
		Fecha de siembra	Ciclo (días)
01-ene	15-ene	05-jul	186
16-ene	31-ene	10-jul	197
01-feb	15-feb	01-sep	159
16-feb	28-feb	15-sep	160
01-mar	15-mar	01-oct	157
16-mar	31-mar	15-oct	159
01-abr	15-abr	15-oct	174
16-abr	30-abr	01-nov	172
01-may	15-may	01-nov	187
16-may	31-may	01-dic	173
01-jun	15-jun	01-dic	188
16-jun	30-jun	15-feb	127
01-jun	15-jun	20-dic	169
16-jun	30-jun	30-dic	174
01-jul	15-jul	15-feb	142
16-jul	31-jul	25-feb	148
01-ago	15-ago	10-mar	150
16-ago	31-ago	20-mar	156
01-sep	15-sep	04-abr	156
16-sep	30-sep	19-abr	156
01-oct	15-oct	24-abr	166
16-oct	31-oct	09-may	167
01-nov	15-nov	25-may	166
16-nov	30-nov	05-jun	170
01-dic	15-dic	12-jun	178
16-dic	31-dic	15-jun	191

Zona cálida Zona fría

Tabla 2 (cont.). Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección



La densidad de siembra permite atenuar o acentuar ciertas características de la raíz. Con una densidad elevada, la precocidad disminuye y el calibre medio de las raíces baja. Al contrario, una densidad baja facilita la precocidad, la longitud y el calibre. Por esa razón se recomienda bajar la densidad para las zanahorias precoces, en contraste con las siembras correspondientes a las cosechas de ciclo medio o tardío, donde se puede aumentar el número de semilla por metro lineal.

La siembra se debe realizar con sembradoras neumáticas de precisión, ya que son las más adaptadas para este cultivo y permiten un trabajo muy preciso, obteniendo un producto de calidad.

En cuanto a la preparación del terreno para el lecho de siembra existen dos posibilidades: cultivo en surcos y cultivo en camas/lomos.

En la Tabla 3 podemos ver las densidades de siembra recomendadas según la época aproximada de siembra.

Tabla 3. Densidades de siembra, por localidades y ciclo de cultivo. En semillas/ha

		% Germinación			
Zona sureste (cálida) y zona de Andalucía. Fecha de siembra	**Zona sureste y Castilla y León. Fecha de siembra**	**85**	**90**	**95**	**100**
Septiembre-diciembre	Diciembre-enero (manta térmica)	1.575.000	**1.500.000**	1.425.000	1.350.000
Enero	Febrero	1.680.000	**1.600.000**	1.520.000	1.440.000
Febrero	Marzo	1.732.500	**1.650.000**	1.567.500	1.485.000
	Abril-mayo	1.785.000	**1.700.000**	1.615.000	1.530.000
	Junio	1.890.000	**1.800.000**	1.710.000	1.620.000
	Julio	1.837.500	**1.750.000**	1.662.500	1.575.000

En líneas generales las principales variedades de zanahorias son:

- ‘Mercado Paris’: es la más precoz puesto que se hace en 60 días solamente. Tienen una longitud entre 5 y 7 cm. Se cultiva principalmente para el mercado fresco.
- ‘Amsterdam’: se hace en 90 días aproximadamente. Las raíces tienen una longitud de 13 cm. Tienen poco corazón, piel lisa y forma cilíndrica. Las hojas son pequeñas. Se cultivan para manojos, también para congelados y zanahorias baby en conserva.

- 'Nantesa': es la variedad más común en los mercados españoles. Requiere de un ciclo de 110 días con buenas condiciones climáticas. Alcanza un tamaño medio de unos 15 cm. Tiene un gran contenido en azúcares. Es tierna de textura y cuenta con un color anaranjado fuerte. La hoja es intermedia. Se utiliza para consumo en fresco, manojos y conservas.
- 'Emperador': su ciclo es de unos 100 días aproximadamente. Tiene una longitud media de 25 cm. Raíz afilada y delgada. Pequeño corazón, excelente color y piel suave. Hoja intermedia. Se cultiva especialmente para manojos y para hacerla en rodajas en envasados.
- 'Berlikum': entre siembra y recolección requiere de unos 100 días. Tiene una longitud de 20 cm. Y formas parecidas al cultivar 'Nantesa'. Se cultiva principalmente para envasado.
- 'Danvers': con ciclo aproximadamente de 80 días. Las zanahorias miden unos 18 cm. Son cónicas y cilíndricas.
- 'Flakkee': destaca por su excelente coloración interna y externa. Su selección es una de las más famosas de Europa. No tiene cuello verde y tiene una gran resistencia al rajado.
- 'Chantenay': con un ciclo aproximadamente de 80 días. Tienen un tamaño de 13 cm. Tienen un gran corazón y color fresco, una piel rugosa y una gran hoja. Es usada principalmente para la industria de envasado, congelado y deshidratado.
- 'Rey de Otoño': con un ciclo aproximado de 100 días. Sus raíces alcanzan los 30 cm. Son afiladas y con una gran cabeza. De textura rugosa, con gran sabor y abultado follaje. Se cultiva principalmente para el mercado en fresco.

Existe una fuerte dependencia de la importación de semilla para siembra, de forma que más del 95 % de la utilizada en España procede de Reino Unido, Holanda, Francia, Alemania y Bélgica.

3.5. Control de malas hierbas

La zanahoria no es un cultivo que precise de muchas labores una vez implantado. Con la finalidad de favorecer la aireación del suelo y la eliminación de malas hierbas se pueden dar uno o varios pases entre líneas/lomos, con fresadora o cultivadores.

Además existe la posibilidad de utilizar alguno de los herbicidas autorizados en zanahoria como son: linurón, clomazona y pendimentalina en preemergencia y en posemergencia: fluazifop-p-butil y metribuzina.

3.6. Plagas y enfermedades

Las principales enfermedades en la zanahoria son alternaria, el oídio y las fisiopatías radiculares, a menudo acrecentadas por la aparición de hongos de suelo como fusarium o rizoctonia.

Bien es verdad que en los últimos años se está viendo acrecentada la problemática en el cultivo, por la aparición de nuevos patógenos como bacterias, spiroplasmas y virus.

En cuanto a plagas, pulgones o psílidos son vectores de virus o bacteriosis. Distintos tipos de orugas pueden causar daños importantes en la masa foliar, mientras que a nivel radicular el gusano de alambre o doradilla es la principal amenaza.

3.7. Manejo de riego

En el manejo de riego resulta crucial tener en cuenta las peculiaridades en las distintas fases de desarrollo de la zanahoria:

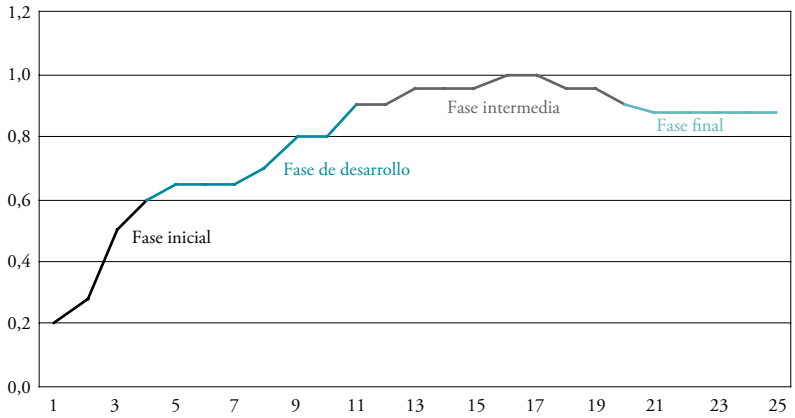
1. Germinación, fase crítica.
   - Necesidad indispensable de agua.
   - Frecuencia elevada, volumen bajo.

2. Alargamiento de la raíz.
   - Limitar el riego para obligar a la raíz a alongarse.
   - Frecuencia baja, volumen mediano.

3. De 35 a 40 días después de la nascencia: tuberización de la raíz.
   - Gran necesidad a fin de asegurar el crecimiento para conseguir calibre de las raíces.
   - Frecuencia mediana, volumen elevado.

4. Suelo cubierto por el follaje.
    - Demanda máxima de agua por la planta. Fase crucial para asegurar el rendimiento y la calidad de las raíces.
    - Frecuencia mediana, volumen elevado.

Gráfico 1. Evolución semanal del Kc de la Zanahoría



Hay que prestar especial atención a la fase final, evitando excederse con la dosis necesaria para el cultivo, ya que en tal caso el riesgo de proliferación de podredumbres sería muy alto.

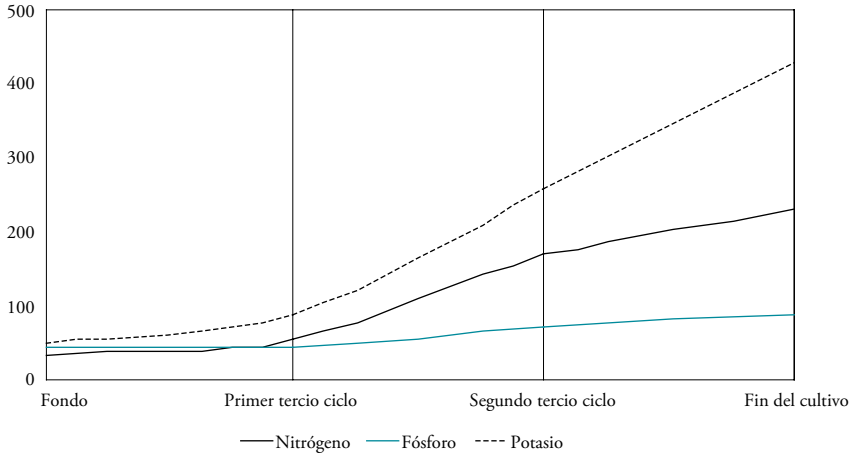
3.8. Fertilización

Las extracciones de macronutrientes del cultivo en kg/t producida son aproximadamente las siguientes:

- N: 2.4-3 kg
- P_2O_5: 1.1-1.3 kg
- K_2O: 4.6-7 kg

Según los estudios realizados y la bibliografía consultada, para conseguir unos rendimientos brutos de 80 t/ha, la zanahoria requiere las siguientes unidades de fertilizantes: nitrógeno (224 kg/ha), fósforo (96 kg/ha) y potasio (455 kg/ha). Dichas cantidades se corrigen según las analíticas disponibles de suelo, agua y, en su caso, estiércol.

Gráfico 2. Evolución de la distribución de macronutrientes (NPK). En kg/ha



3.9. Recolección

La recolección puede ser de dos tipos:

- Mecánica con cabezal de verano: el apero recolecta las zanahorias «tirando» de su masa foliar.
- Mecánica con cabezal de invierno: el apero recolecta las zanahorias, entrando en contacto directo con las raíces, tras desbrozarlas previamente.

La zanahoria es recolectada en sacas de aproximadamente 1.000 kg. Deben permanecer el menor tiempo posible en campo y, en el caso de épocas de mucha insolación, cubrir el producto con el follaje del mismo cultivo para evitar la deshidratación.

En el momento de la recolección, la maquinaria debe estar en perfecto estado, habiéndose revisado previamente. Además, el cultivo y el suelo deben estar en condiciones adecuadas (sin presencia de malas hierbas problemáticas, exceso de humedad en el terreno…). Con ello, se pretende minimizar las incidencias y los daños en los productos recolectados.

Figura 2. Recolección de la zanahoria

4. Composición nutricional y propiedades

Es una planta conocida por las civilizaciones más antiguas del Viejo Mundo, muy apreciada por su gran contenido en vitaminas (A, B y C), principal-

mente como provitamina A (β-caroteno). Se consume directamente en fresco, cocida, congelada, en cuarta gama, en purés, zumos y alimentos para niños, en la extracción de colorantes naturales, oleorresinas…

Debido a su gran riqueza vitamínica, se considera un alimento con claras propiedades antioxidantes. También se utiliza como antidiarréico.

5. Economía del cultivo

5.1. Importancia mundial

La producción mundial de zanahoria fue de 37 millones de toneladas. En el período analizado (2003-2013) ha sufrido un incremento del 50 % (Tabla 4), destaca el crecimiento espectacular de los continentes africano y asiático. Europa mantiene un crecimiento superior al 10 %, en América se mantiene estabilizada la producción en los últimos 10 años en cerca de 3,5 millones de toneladas y en Oceanía se aprecia un estancamiento o ligera reducción.

En cuanto a la producción por países, mundialmente destaca China como principal productor del mundo que ha pasado de 8 a 16,8 millones de toneladas en los 10 últimos años. Uzbekistán y Rusia son el segundo y el tercer productor.

Tabla 4. Evolución de la producción de zanahoria en el mundo. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%) 2003-2013
América	3.383.285	3.427.678	3.365.183	3.352.662	3.445.004	3.319.044	-1,90
Asia	11.952.801	13.653.933	16.846.252	20.152.031	21.896.975	23.167.448	93,82
Europa	8.272.744	8.857.328	7.854.079	8.553.389	8.636.968	9.407.266	13,71
África	1.164.702	1.231.561	1.242.773	1.269.610	1.503.272	2.737.323	135,02
Oceanía	371.021	381.313	338.359	328.375	279.862	358.388	-3,40
Mundo	**25.144.553**	**27.551.813**	**29.646.646**	**33.656.067**	**35.762.080**	**37.209.469**	**47,98**

Fuente: FAO.

Tabla 5. Distribución mundial de los principales países productores de zanahoria (2001/2011). En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%) 2003-2013
China	8.000.000	9.500.000	12.000.000	15.057.000	16.115.000	16.829.000	110,36
Uzbekistán	443.000	505.750	815.000	995.000	1.220.000	1.641.882	270,63
Rusia	1.735.760	1.793.310	1.346.979	1.518.650	1.735.030	1.604.656	-7,55
Estados Unidos	1.672.636	1.662.771	1.450.260	1.326.830	1.298.800	1.290.285	-22,86
Ucrania	529.700	645.300	597.100	686.400	864.200	930.100	75,59
Polonia	**834.621**	**929.014**	**938.230**	**913.304**	**887.374**	**742.514**	**-11,04**
Reino Unido	**698.900**	**813.200**	**752.277**	**718.700**	**694.104**	**696.200**	**-0,39**
Japón	**838.000**	**768.100**	**665.900**	**650.100**	**617.300**	**600.500**	**-28,34**
Turquía	**405.000**	**390.300**	**641.953**	**593.628**	**602.078**	**569.855**	**40,70**
Francia	**688.426**	**659.313**	**312.612**	**636.469**	**624.459**	**565.311**	**-17,88**

Fuente: FAO.

5.2. Situación en la UE-27

El principal país productor de UE-27 es Polonia, seguido del Reino Unido y Alemania. En todos los países se aprecia un retroceso, a excepción de Alemania y Países Bajos que han visto incrementada su producción en más de un 25 % (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de los principales países productores de zanahoria en la UE-27 (2001/2011). En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%) 2003-2013
Polonia	834.621	929.014	938.230	913.304	887.374	742.514	-11,04
Reino Unido	698.900	813.200	752.277	718.700	694.104	696.200	-0,39
Alemania	426.038	516.327	562.296	570.239	533.717	583.587	36,98
Francia	688.426	659.313	312.612	636.469	624.459	565.311	-17,88
Países Bajos	432.000	487.000	543.000	561.000	482.000	555.000	28,47
Italia	**571.200**	**602.400**	**565.300**	**523.330**	**542.691**	**492.624**	**-13,76**
España	**448.349**	**573.067**	**426.074**	**419.662**	**268.100**	**372.300**	**-16,96**
UE-27	**5.468.225**	**5.911.830**	**5.395.958**	**5.753.214**	**5.498.784**	**5.406.021**	**-1,14**

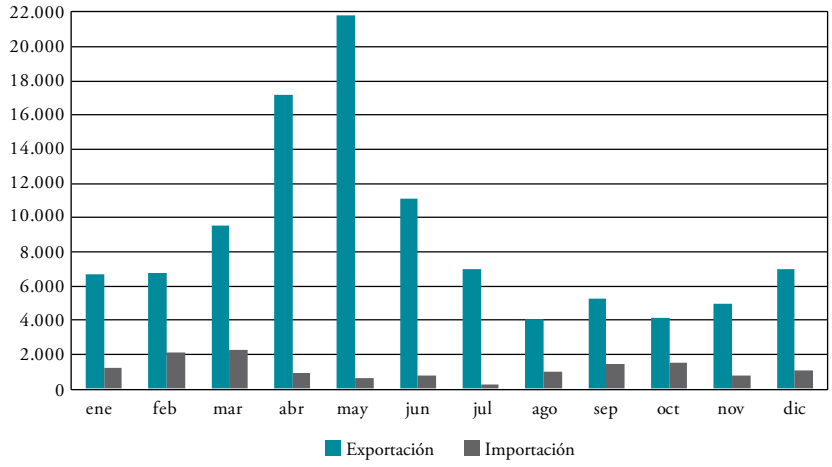
Fuente: FAO.

5.3. Comercio exterior de España

España ha llegado a producir 573.067 t, aunque según la FAO en 2013 se produjo en torno a las 370.000 t[1]. De esta producción se exportaron unas 105.000 t y se importaron cerca de 14.000 t. Las exportaciones se producen con mayor intensidad durante la primavera (Gráfico 3).

Aproximadamente una cuarta parte de las exportaciones se destinan a Francia, seguida de Portugal con 21.400 y 22.000 t respectivamente (Gráfico 4).

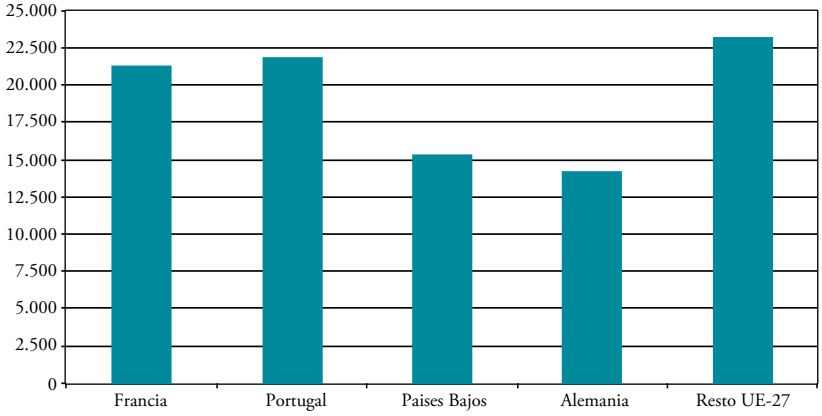
Gráfico 3. Distribución mensual de las exportaciones e importaciones españolas de zanahoria (2013). En toneladas



Fuente: FEPEX.

[1] En esta estadística se considera producción de zanahoria y nabos.

Gráfico 4. Principales países de destino de la exportación española de zanahorias y nabos (2015). En toneladas



Fuente: FEPEX.

5.4. Situación actual en España

La principal provincia productora de zanahoria es Cádiz, seguida de Valladolid y Segovia. En 2013 se cultivaron en España 6.580 ha (Mapa 1).

Mapa 1. Distribución de la superficie de zanahorias en España. En porcentaje

Fuente: Magrama.

Tal y como se observa en la Tabla 7, en los últimos 10 años se ha producido una disminuición de la producción, hasta las 372.700 t producidas en 2013.

Tabla 7. Producción y precio de la zanahoria (2001-2013)

Año	Producción (miles toneladas)	Precio medio (euros/kg)
2001	383,311	0,224
2002	436,777	0,205
2003	448,349	0,302
2004	445,445	0,227
2005	478,428	0,199
2006	498,189	0,279
2007	426,074	0,268
2008	414,507	0,292
2009	419,662	0,313
2010	424,311	0,346
2011	400,628	0,283
2012	370,57	0,2752
2013	372,714	0,3018

Fuente: Magrama.

Referencias bibliográficas

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA): http://www. etsia.upm.es/botánica.

César Gaviola, J. (2013): *Manual de producción de zanahoria*. Argentina, Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/manual-de-produccion-de-zanahoria.

Maroto J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Matexo Box, J. M., coord. (2005): *Prontuario de agricultura. Cultivos hortícolas*. Madrid, Mundi-Prensa.

Magrama: www.magrama.es

Herfruit: www.herfruit.es.

Chirivía

Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach,
Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas,
Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartalomé Cerdán, Rafael Domene Rubio
y Susana Sanjuan Vidal
Cooperativa Agrícola Villena

1. Introducción

La chirivía ha sido durante años una planta silvestre en las zonas templadas de Europa. Fue conocida en la antigüedad por griegos y romanos, aunque existe cierta confusión en la literatura de la época entre los nabos y zanahorias. Fue utilizada como un edulcorante antes de la llegada a Europa del azúcar de caña. Anteriormente a la introducción de la patata en Europa, constituyó un alimento básico para su población. Fue introducida en los Estados Unidos en el siglo XIX.

2. Características botánicas

Pertenece a la familia botánica *Umbelliferae* y su nombre científico es el de *Pastinaca sativa L.*

La chirivía es un vegetal muy relacionado con la zanahoria y el perejil. Es una planta bienal, aunque generalmente se cultiva como anual. Su raíz tuberosa larga tiene la piel y la carne de color crema y se puede dejar en el suelo cuando madura, ya que se vuelve más dulce y mejora el sabor después de las heladas de invierno. Sus hojas son imparipinnadas, bordes dentados y con pecíolos abrazadores. En el segundo año de ciclo se desarrollan los tallos que son huecos y asurcados, sobre los que se forman las típicas inflorescencias en umbela.

2.1. Morfología y anatomía

Sus semillas son aplastadas y están atravesadas por una serie de estrías. En un gramo pueden contenerse unas 425 semillas. La capacidad germinativa media de las semillas de chirivía es de uno a dos años.

2.2. Fisiología

Es un cultivo que presenta gran sensibilidad al medioambiente en el que se desarrolla en relación con su vegetación y crecimiento de la raíz. Después de la nascencia no tolera muy bien las altas temperaturas. Si estas se producen, algunas mueren, y las que no, sufren un crecimiento anormal de la raíz. Por otro lado, si cuando llegan temperaturas frías, el cultivo tiene las raíces poco desarrolladas no llegarán a alcanzar el tamaño y la forma deseada para su venta.

En condiciones normales, la chirivía desarrolla primero una roseta de hojas y almacena, posteriormente, sus reservas en la propia raíz, cosechándose esta antes de que emita el tallo floral y por tanto la raíz se lignifique.

Durante el segundo año, el cultivo emite el tallo floral que se expansiona gracias a las reservas acumuladas en la raíz. Es una planta de día largo.

Además, las bajas temperaturas en determinadas etapas del ciclo, así como la sequía, pueden inducir una subida a flor prematura que tiene lugar tras un proceso de vernalización, haciendo que la chirivía pierda su interés comercial por completo, ya que se produce una lignificación de los tejidos radiculares.

3. Cultivo

3.1. Exigencias climáticas y edáficas

Clima. Es bastante resistente a las bajas temperaturas, pudiendo germinar a partir de los 2-4 ºC, aunque su rango térmico óptimo se encuentra entre los 10-25 ºC y su temperatura ideal en torno a los 18-20 ºC. Su cero vegetativo suele establecerse en 5 ºC y la mayor tasa de crecimiento entre los 15-18 ºC. Una temperatura excesivamente elevada puede repercutir en una coloración más clara de las raíces, una forma menos cilíndrica y una longitud más corta.

Suelos. En el cultivo de la chirivía, al igual que muchos otros hortícolas aprovechables por su raíz, más del 50 % del éxito de la producción depende de la elección de la parcela (conocimiento de la rotación de los años previos,

problemáticas como exceso de malas hierbas, zonas con mal drenaje propensas a encharcamientos, terreno pedregoso…), la preparación del terreno, la precisión de la siembra y del manejo de los primeros días. Los suelos apropiados para su cultivo son profundos, aireados, frescos y ricos en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, y con un pH comprendido entre 6 y 8. Los suelos más fuertes proporcionan una mayor protección frente a heladas, mientras que los más arenosos son más cálidos y permiten recolectar en períodos lluviosos.

3.2. Siembra y semilla/variedades

El cultivo de la chirivía se realiza mediante siembra directa con sembradoras de precisión. El objetivo es posicionar las semillas en el suelo, previamente bien preparado, ofreciéndoles la capacidad de germinar rápidamente (profundidad adecuada) y de desarrollarse minimizando la competencia con las otras plántulas (espacio entre plantas).

Figura 1. Chirivía

Esta delicada operación influye directamente sobre el rendimiento, puesto que es en la siembra donde determinamos la densidad (número de plantas/ha). Oscilando entre las 400.000 a 750.000 semillas/ha.

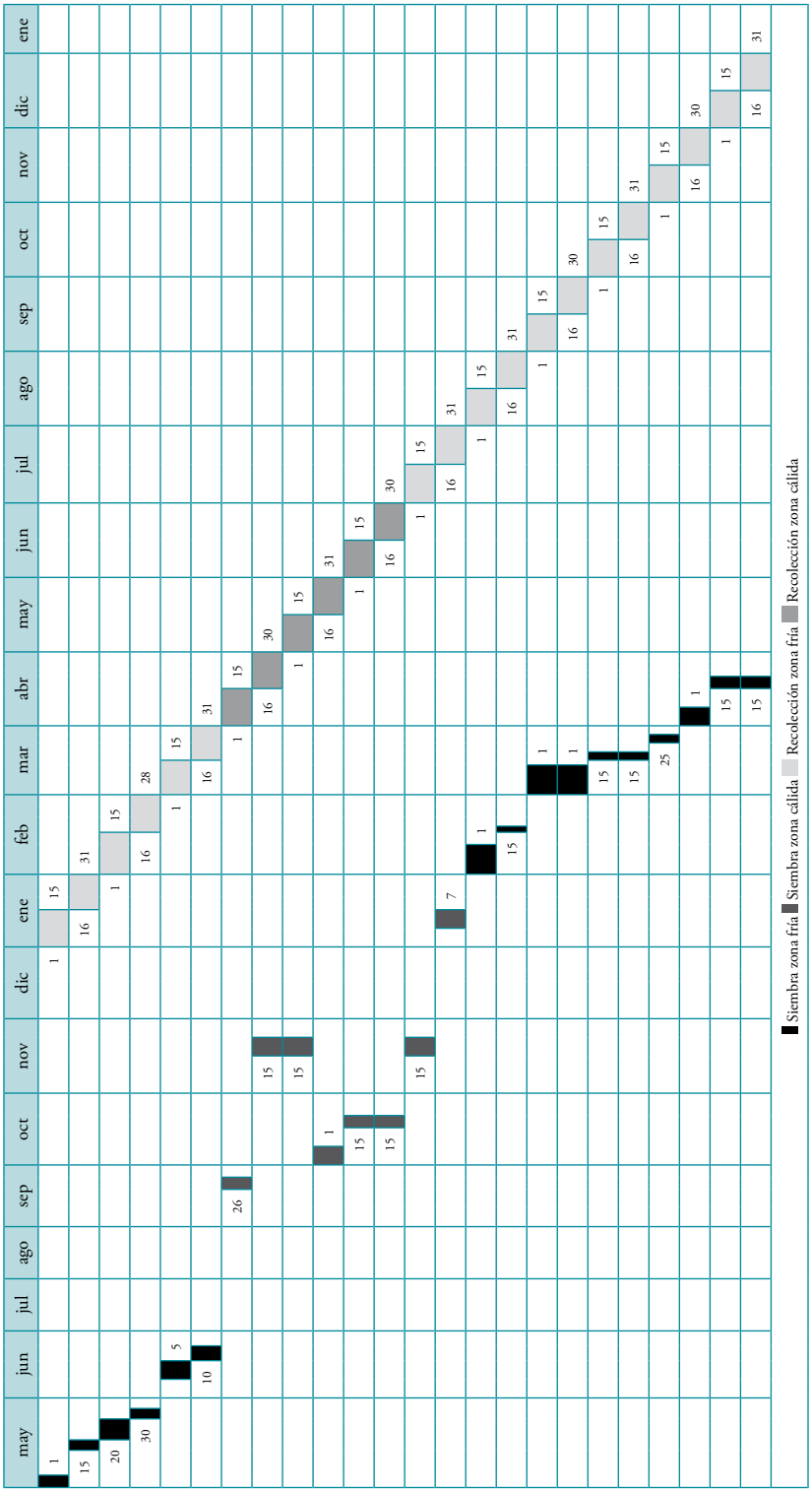
Atendiendo a la fecha aproximada de recolección se ajusta la fecha de siembra, variando el ciclo de cultivo desde los 160 a los 290 días entre la siembra y la recolección, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

Quincena recolección		Chirivía	
		Fecha de siembra	Ciclo (días)
01-ene	15-ene	01-may	251
16-ene	31-ene	15-may	253
01-feb	15-feb	20-may	263
16-feb	28-feb	30-may	268
01-mar	15-mar	05-jun	275
16-mar	31-mar	10-jun	286
01-abr	15-abr	26-sep	193
16-abr	30-abr	15-nov	158
01-may	15-may	15-nov	173
16-may	31-may	01-oct	234
01-jun	15-jun	15-oct	235
16-jun	30-jun	15-oct	250
01-jul	15-jul	15-nov	234
16-jul	31-jul	07-ene	197
01-ago	15-ago	01-feb	187
16-ago	31-ago	15-feb	189
01-sep	15-sep	01-mar	190
16-sep	30-sep	01-mar	205
01-oct	15-oct	15-mar	206
16-oct	31-oct	15-mar	222
01-nov	15-nov	25-mar	227
16-nov	30-nov	01-abr	235
01-dic	15-dic	15-abr	236
16-dic	31-dic	15-abr	252

Zona cálida Zona fría

Tabla 1 (cont.). Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección



La densidad de siembra permite atenuar o acentuar ciertas características de la raíz. Con una densidad elevada, la precocidad disminuye y el calibre medio de las raíces disminuye, mientras que si es baja facilita la precocidad, la longitud y el calibre.

Para las chirivías precoces se reduce la densidad, en contraste con las siembras para las cosechas de ciclo medio o tardío, donde se puede aumentar el número de semillas por metro lineal.

La siembra se debe realizar con sembradoras neumáticas de precisión, ya que son las más adaptadas para este cultivo porque permiten un trabajo muy preciso, obteniendo un producto de calidad.

En cuanto a la preparación del terreno para el lecho de siembra tenemos dos posibilidades: cultivo en surcos y cultivo en camas/lomos.

En el cultivo de la chirivía se están constantemente realizando pruebas de distintas variedades para ver cuál o cuáles se adaptan mejor a las exigencias del cliente y, por supuesto, a las distintas zonas de producción. Actualmente las variedades más utilizadas en España proceden de casas de semillas inglesas, entre las que destacan los cultivares: 'Gladiator', 'Javelin', 'Picador' y 'Pinnacle'.

3.3. Labores de cultivo

La chirivía no es un cultivo que precise de muchas labores una vez implantado. Con la finalidad de favorecer la aireación del suelo y la eliminación de malas hierbas se pueden dar uno o varios pases entre líneas/lomos, con fresadora o cultivadores

Como ya se ha comentado, la preparación del terreno es una fase de vital importancia, pudiendo distinguirse los siguientes pasos antes de la siembra:

- Pase de arado con grada de discos: previene los atascos de la sembradora y destruye las malezas.
- Subsolador: rompe el suelo de labranza y facilita un buen drenaje, es conveniente dar el pase de forma perpendicular a la dirección de la siembra.

- Pase con grada rotativa: permite la aireación del suelo y entierra los restos de cultivo.
- Formación de camas o surcos de siembra.

En función de las características del suelo se pueden variar el orden y tipo de labor a realizar.

El control de las hierbas adventicias en el cultivo de la chirivía es muy importante, ya que con ello se consiguen los siguientes objetivos:

- Evitar la presencia de malas hierbas que limiten el crecimiento de la chirivía.
- Limitar los riesgos sanitarios (pueden ser reservorio de plagas y reducir la aireación del terreno).
- Optimizar el tiempo de recolección (previniendo averías o atascos en la cosechadora) y dejar la parcela limpia para el próximo cultivo.

Los métodos para el control de estas hierbas son los siguientes:

1. Mecánico: voltear la tierra, desarraigo o corte de las malezas.
    - Intervenir en condiciones favorables, cuando el suelo se está secando.
    - No dudar en intervenir varias veces.
2. Químico: pulverización de herbicidas.
    - Utilizar un herbicida autorizado y eficaz para el tipo de maleza considerado. Concretamente, el herbicida es la materia activa: fluazifop-p-butil.
    - Tratar las malezas durante un estado sensible (normalmente jóvenes).
    - Utilizar la dosis adecuada.
3. Falsa siembra: consiste en regar antes de la siembra con la finalidad de forzar la salida de malas hierbas, pudiendo eliminar una parte importante de ellas. Este método solo es aconsejable en el caso de parcelas con antecedentes de muchas adventicias, sobre todo si fueran de la misma familia del cultivo.

3.4. Manejo de riego

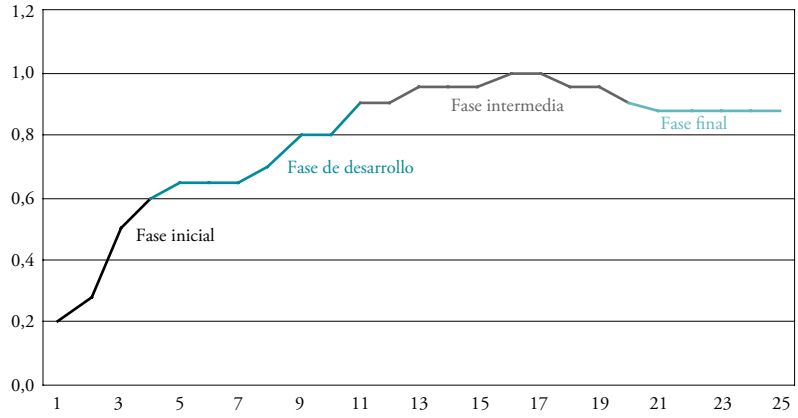
El riego es un factor de vital importancia para el buen desarrollo del cultivo. Hay que procurar que el gradiente de humedad del suelo se mantenga en buenos niveles y sin oscilaciones durante el crecimiento activo.

A modo de resumen, las particularidades a tener en cuenta en las fases del desarrollo de la chirivía son las siguientes:

1. Germinación, fase crítica.
    - Necesidad indispensable de agua.
    - Frecuencia elevada, volumen bajo.
2. Alargamiento de la raíz.
    - Limitar el riego para obligar a la raíz a alongarse.
    - Frecuencia baja, volumen mediano.
3. 70/80 días después de la nascencia: tuberización de la raíz.
    - Gran necesidad a fin de asegurar el crecimiento del calibre de las raíces.
    - Frecuencia mediana, volumen elevado.
4. Suelo cubierto por el follaje.
    - Demanda máxima de agua por la planta. Fase crucial para asegurar el rendimiento y la calidad de las raíces.
    - Frecuencia mediana, volumen elevado.

Hay que prestar especial atención a la fase final, evitando excederse con la dosis necesaria para el cultivo, ya que en tal caso el riesgo de proliferación de podredumbres sería muy alto.

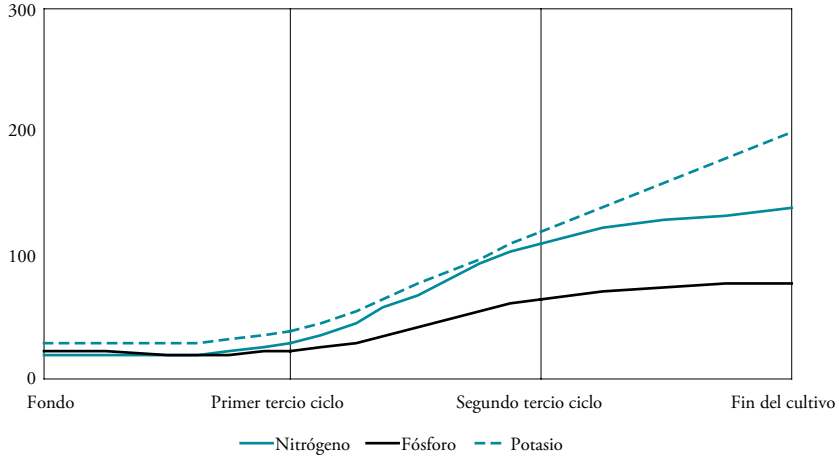
Gráfico 1. Evolución semanal del Kc de la chirivía



3.5. Fertilización

Según los estudios realizados y la bibliografía consultada, para conseguir unos rendimientos medios de 30 t/ha, la chirivía requiere las siguientes unidades fertilizantes: nitrógeno (120 kg/ha), fósforo (70 kg/ha) y potasio (170 kg/ha). Estas cantidades se corrigen según las analíticas disponibles de suelo, agua y, en su caso, estiércol.

Gráfico 2. Evolución de la distribución de fertilizantes (NPK). En kg/ha



3.6. Plagas y enfermedades

Las principales enfermedades en la chirivía son muy similares a las del cultivo de la zanahoria, destacando la alternaria y oídio en la hoja y las manchas radiculares en raíces producidas por hongos diversos englobados con el nombre de *Phoma canker*.

En cuanto a plagas, pulgones o psílidos son vectores de virus, bacterias o fitoplasmas. Distintos tipos de orugas pueden causar daños importantes en la masa foliar, mientras que a nivel radicular tan solo suele ser atacado por el gusano de alambre y/o nematodos en la primera fase del cultivo donde la raíz está más tierna.

3.7. Recolección

La decisión de cosechar se basa tanto en el aspecto de las raíces (longitud, diámetro, remate, calidad sanitaria) como en la planificación del cultivo.

La recolección puede ser de dos tipos:

- Mecánica con cabezal de verano: el apero recolecta las chirivías 'tirando' de su masa foliar.
- Mecánica con cabezal de invierno: el apero recolecta las chirivías entrando en contacto directo con las raíces, tras desbrozarlas previamente.

La chirivía es recolectada en sacas de aproximadamente 1.200 kg. Deben permanecer el menor tiempo posible en campo y, en el caso de épocas de mucha insolación, sería imprescindible cubrir el producto con el follaje del mismo cultivo para evitar la deshidratación.

4. Composición

Las raíces de chirivía tienen un alto contenido en vitaminas y minerales, especialmente potasio. También contienen antioxidantes y fibra dietética soluble e insoluble. Su composición nutritiva según *National Food Institute-Technical University of Denmark (DTU)* del año 2009 por cada 100 gramos de raíz de chirivía, obtenemos los nutrientes mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición nutritiva de la raíz de chirivía

Energia	262 KJ	Sodio	6 mg
Proteína total	2.1 g	Potasio	635 mg
Grasa total	0.5 g	Vitamina A	1.67 RE
Hidratos de carbono totales	14.6 g	Tiamina	0,09 mg
Fibra dietética	4.5 g	Riboflavina	0,18 mg
Humedad	81.7 g	Niacina	3.2 mg
Calcio	55 mg	Vitamina B6	0.11 mg
Fósforo	94 mg	Magnesio	30 mg
Hierro	0.8 mg	Zinc	0.85 mg
Cobre	0.14 mg	Manganeso	0.40 mg

Fuente: National Food Institute - Technical University of Denmark (DTU) (2009).

5. Economía del cultivo

Al ser un cultivo muy poco investigado no existen datos oficiales de superficie cultivada ni mundialmente, ni en España.

Referencias bibliográficas

Maroto, J. V. (1992): *Horticultura Herbácea Especial.* Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Páginas web:

http://www.magrama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal

www.infoagro.com

www.wikipedia.com

Nabo y colinabo

Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach,
Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas,
Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartalomé Cerdán, Rafael Domene Rubio
y Susana Sanjuan Vidal
Cooperativa Agrícola Villena

1. Introducción

Aunque el origen del nabo no se ha determinado de manera concluyente, se cree que esta especie proviene de Europa de la región mediterránea y Asia Central. En inscripciones encontradas en pirámides egipcias, datadas 2.000 años a. C.; ya se hacía referencia a su uso culinario. Fue conocido por los romanos antes de la era cristiana. Ha sido producto básico en alimentación humana hasta la introducción de la patata.

Por otra parte, aunque el colinabo ha sido ampliamente consumido por el hombre antes de la introducción de la patata, también se ha empleado como alimento para el ganado. Durante la Segunda Guerra Mundial, y ante la carencia de patatas, fue muy utilizado como alimento básico por las poblaciones europeas.

2. Características botánicas

Pertenecen a la familia botánica *Cruciferae* y su nombres científicos son *Brassica napus L.* (nabo) y *Brassica campestris, var. napobrassica* D. C. (colinabo).

El nabo es una planta erecta bienal, con hojas normalmente hendidas y de márgenes festoneados. Su sistema radicular consta de una raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y el tamaño y de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores. El tallo crece antes de la floración con una roseta de hojas que, posteriormente, cuando florece la planta se alarga, alcanzando una altura de 0,5 a 1 m, de color blanco y algo pubescente.

Tiene hojas basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentados. Las flores están dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, 6 estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado. El fruto es una silícula de 3-10 cm de longitud y esponjoso.

Para algunos autores como Madueño, el colinabo o nabicol es la misma especie botánica que el nabo, por lo que se trata de una planta morfológicamente muy parecida a este y quizás la diferencia más acusada estribe en que sus raíces son alargadas o redondeadas y acaban en un cuello cilíndrico en el que se insertan las hojas. Otras diferencias morfológicas son que las hojas presentan un color más azulado y que tiene una envergadura de planta superior.

Los colinabos o rutabagas son plantas bienales que alcanzan una altura de 25 cm y se extienden a 30 cm. La pulpa de la raíz es habitualmente amarilla, pero a veces blanca y la piel es generalmente púrpura, beige o una combinación de ambos. Las raíces a menudo de forma irregular, que pueden tener 10 cm de diámetro y de largo, son de sabor dulce y se consumen cocidas.

Figura 1. Etapa vegetativa del nabo

3. Cultivo

3.1. Exigencias climáticas y edáficas

El nabo requiere un clima fresco y húmedo por lo que las altas temperaturas de verano le afectan negativamente. Existen algunas variedades que toleran heladas, siempre que estas sean muy ligeras. Se trata de una planta exigente en agua siendo uno de los efectos de la sequía la prematura subida de la flor. En cuanto al suelo, requiere una textura media y buen drenaje. No los admite encharcados, pero sí frescos y con una buena retención de agua. Los suelos excesivamente ligeros, pedregosos o con un contenido en caliza excesivo originan raíces fibrosas y de mal sabor. Los suelos más adecuados son los neutros, nunca ácidos, incluso pueden ser un poco alcalinos. Los nabos son sensibles a la salinidad.

Figura 2. Siembra de nabo

Por otra parte, los suelos apropiados para el cultivo del colinabo deben ser sueltos, profundos, ricos en materia orgánica y con pH superiores a 6,5. Es un cultivo muy bien adaptado a las condiciones frías y húmedas, resistiendo fríos más intensos que el nabo. Por otro lado, la preparación del terreno es una fase de vital importancia en los cultivos de siembra directa. Podemos distinguir varios pasos a realizar antes de la siembra:

- Pase de arado con grada de discos: previene los atascos de la sembradora y destruye las malezas.
- Subsolador: rompe el suelo de labranza y facilita un buen drenaje.
- Pase con grada rotativa: permite la aireación del suelo y entierra los restos de cultivo.
- Formación de camas o surcos de siembra.

3.2. Siembra y semilla/variedades

Ambos cultivos presentan el hándicap de no disponer de un catálogo de variedades muy amplio. Además, la disponibilidad de semillas es difícil en muchas ocasiones.

No obstante, las más utilizadas en el caso del nabo son las del tipo 'Virtudes Martillo', variedades de color blanco y forma alargada con un estrechamiento en la zona central, siendo su carne blanca, muy tierna y dulce. En la actualidad, el mercado está sustituyendo parte de las variedades de nabo por otras de tipo rábano oriental blanco, híbridas, con el objetivo de mejorar características de las plantas, como la resistencia a salida a flor. Además, en general, presentan mayor adaptabilidad en campo y almacén y responden mejor a las especificaciones requeridas por el mercado. Entre las variedades más utilizadas podríamos citar 'El Número F1' o 'Yoko F1' de intersemillas; ambas dan lugar a raíces muy blancas, sin cuello verde y con forma cilíndrica.

Las variedades más utilizadasen el cultivo del colinabo actualmente, son: 'Laurentian', 'Helenor', 'Magres', 'American Purple Top' y otras, que al tratarse de variedades nuevas están en fase de estudio, con el fin de determinar su ciclo óptimo de cultivo. Al tratarse de un cultivo que requiere siembras de precisión, con el fin de aumentar los rendimientos en campo, se debe garantizar que el poder germinativo y el vigor de las semillas sea el máximo posible.

En cuanto a la siembra, el objetivo en ambas plantas es posicionar las semillas en el suelo ofreciéndoles la capacidad de germinar rápidamente (profundidad adecuada normalmente entre 2 y 3 cm) y de desarrollarse minimizando la competencia con las otras plántulas (espacio entre plantas). Las semillas, de pequeño tamaño, germinan en cuatro o cinco días aproximadamente, dependiendo de la fecha de siembra. Esta delicada operación influye directamente sobre el rendimiento, puesto que, es en la siembra donde determinamos la densidad (número de plantas/ha).

Una condición importante para el desarrollo de la raíz es la buena iluminación de las plantas durante toda su etapa de crecimiento, pues una carencia de este elemento puede causar la no formación de esta y el desarrollo excesivo del tamaño de las hojas.

En las Tablas 1 y 2 se muestran a nivel orientativo, las fechas aproximadas de siembra, atendiendo a la fecha aproximada de recolección prevista y dependiendo de la zona en la que se realiza.

Tabla 1. Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

Quincena recolección		Nabo	
		Fecha de siembra	Ciclo (días)
01-ene	15-ene	01-Oct	98
16-ene	31-ene	15-Oct	100
01-feb	15-feb	01-Nov	98
16-feb	28-feb	15-Nov	99
01-mar	15-mar	01-Dic	96
16-mar	31-mar	15-Dic	98
01-abr	15-abr	01-Ene	96
16-abr	30-abr	15-Ene	97
01-may	15-may	01-Feb	95
16-may	31-may	22-Feb	90
01-jun	15-jun	14-Mar	85
16-jun	30-jun	03-Abr	80
01-jul	15-jul	23-Abr	75
16-jul	31-jul	15-May	69
01-ago	15-ago	06-Jun	62
16-ago	31-ago	25-Jun	59
01-sep	15-sep	18-Jul	51
16-sep	30-sep	25-Jul	59
01-oct	15-oct	09-Ago	59
16-oct	31-oct	20-Ago	64
01-nov	15-nov	27-Ago	72
16-nov	30-nov	01-Sep	82
01-dic	15-dic	02-Sep	96
16-dic	31-dic	13-Sep	101

Zona cálida Zona fría

Tabla 1 (cont.). Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

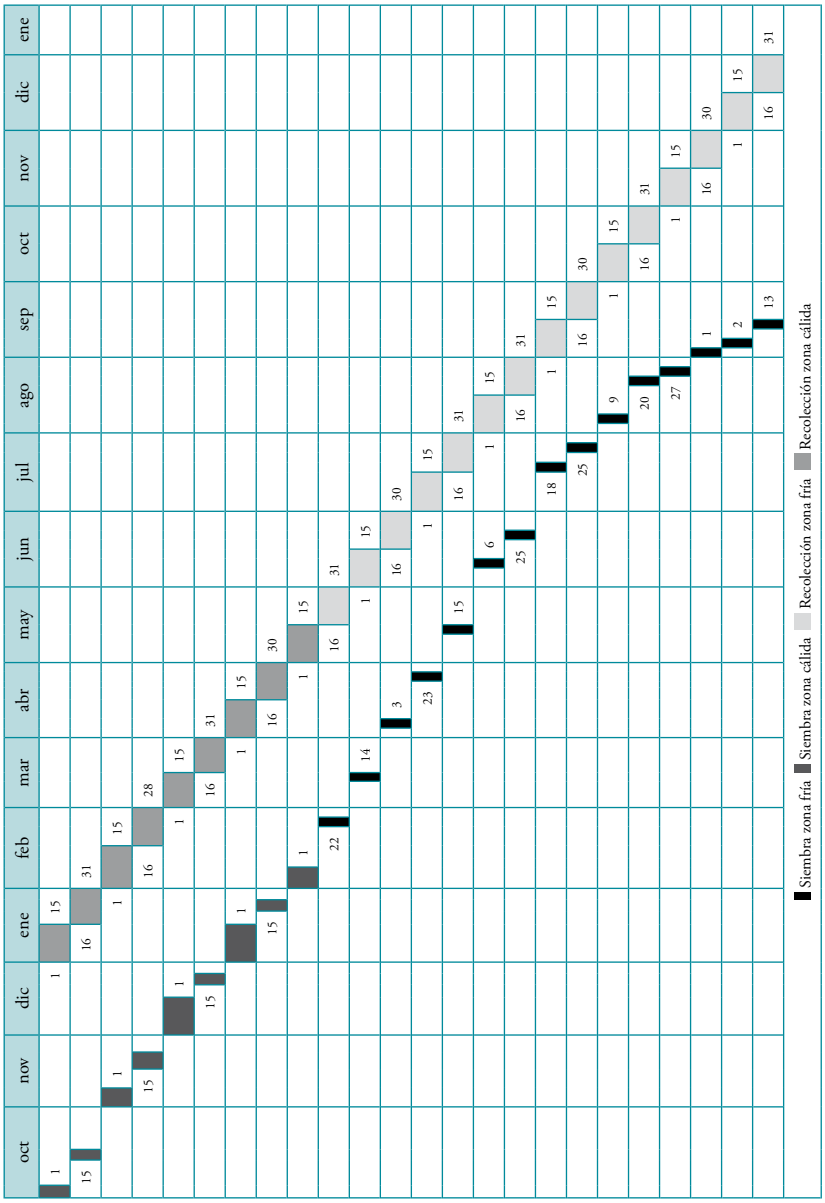
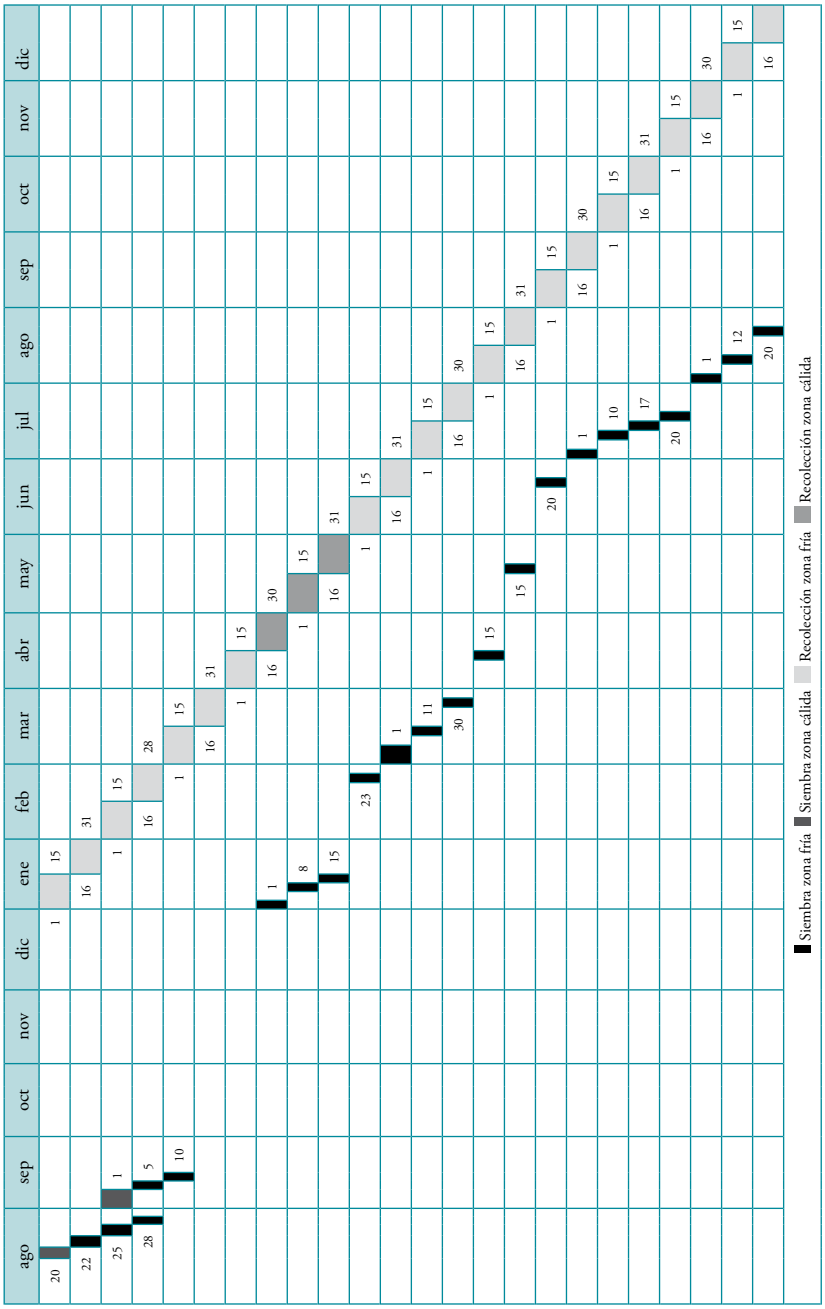


Tabla 2. Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

Quincena recolección		Colinabo	
		Fecha de siembra	Ciclo (días)
01-ene	15-ene	20-ago	140
16-ene	31-ene	22-ago	154
01-feb	15-feb	25-ago	166
16-feb	28-feb	28-ago	178
01-mar	15-mar	01-sep	187
16-mar	31-mar	05-sep	199
01-abr	15-abr	10-sep	209
16-abr	30-abr	01-ene	111
01-may	15-may	08-ene	119
16-may	31-may	15-ene	128
01-jun	15-jun	23-feb	104
16-jun	30-jun	01-mar	113
01-jul	15-jul	11-mar	118
16-jul	31-jul	30-mar	115
01-ago	15-ago	15-abr	114
16-ago	31-ago	15-may	100
01-sep	15-sep	20-jun	79
16-sep	30-sep	01-jul	83
01-oct	15-oct	10-jul	89
16-oct	31-oct	17-jul	98
01-nov	15-nov	20-jul	110
16-nov	30-nov	01-ago	113
01-dic	15-dic	12-ago	117
16-dic	31-dic	20-ago	125

Zona cálida Zona fría

Tabla 2 (cont.). Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección



El ciclo vegetativo del nabo tiene una duración media de entre 50 a 70 días, en función de las condiciones climáticas existentes (siendo más corto cuando las temperaturas son más altas y más largo cuando estas son más bajas).

La densidad de siembra permite atenuar o acentuar ciertas características de la raíz. Con una densidad elevada, la precocidad disminuye y el calibre medio de las raíces se reduce, mientras que una baja facilita la precocidad y suele aumentar la longitud y el calibre. De esta manera, la densidad también variará con la zona en la que tenga lugar la siembra y la fecha de la misma, encontrándose entre el rango de 600.000-1.000.000 semillas/ha para el nabo y de 350.000 a 500.000 para el colinabo.

En cuanto a la preparación del terreno para el lecho de siembra tenemos dos posibilidades:

- Cultivo en surcos (a una distancia de 50 o 75 cm entre ellos).
- Cultivo en camas/lomos (a una distancia de 30 a 40 cm entre ellos).

La siembra se debe realizar con sembradoras neumáticas de precisión, ya que son las más adaptadas para este cultivo y permiten un trabajo muy preciso, obteniendo un producto de calidad.

En cuanto a las labores del cultivo una vez implantado, el nabo y el colinabo no precisan de muchas labores, a continuación se citan algunas de ellas:

3.3. Control de malas hierbas

Con la finalidad de favorecer la aireación del suelo y la eliminación de malas hierbas se pueden dar uno o varios pases entre líneas/lomos, con fresadora o cultivadores.

Así, para el control de malas hierbas en ambos cultivos existen distintos métodos que son complementarios:

a) Manual: realizar escardas manuales en los surcos o lomos de siembra.
b) Mecánico: voltear la tierra, desarraigo o corte de las malezas en los espacios entre surcos.

c) Químico: pulverización de herbicidas. En estos cultivos, prácticamente, no se utilizan herbicidas, ya que por su rápido desarrollo vegetativo y los marcos de siembra utilizados es relativamente fácil la escarda mecánica entre surcos. Ocasionalmente se utiliza el fluazifop-p-butil para el control de plantas adventicias de hoja estrecha.

d) Falsa siembra: consiste en regar antes de la siembra con la finalidad de forzar la salida de malas hierbas, pudiendo eliminar una parte importante de las mismas con un herbicida de contacto poco residual.

3.4. Gestión del riego

Otro aspecto importante a tener en cuenta para un buen desarrollo de estos cultivos es la gestión del riego, pudiendo diferenciar 4 fases en cada uno, con algunas diferencias entre ellas.

Para el caso del nabo, tendríamos:

1. Fase inicial, germinación, etapa crítica (desde la sementera hasta que el cultivo cubre el 10 % de la superficie del terreno).
   - Necesidad indispensable de agua.
   - Frecuencia elevada, volumen bajo.
2. Fase de desarrollo vegetativo fuerte: alargamiento de la raíz.
   - Limitar el riego para obligar a la raíz a alongarse.
   - Frecuencia baja, volumen mediano.
3. Suelo cubierto por el follaje.
   - Demanda máxima de agua por la planta. Fase crucial para asegurar el rendimiento y la calidad de las raíces.
   - Frecuencia mediana, volumen elevado.

En el caso del colinabo, las necesidades hídricas en cada fase serían las siguientes:

1. Fase inicial: superficie cubierta 10 %:
   - Necesidad indispensable de agua.
   - Frecuencia elevada, volumen bajo.
2. Fase de desarrollo vegetativo fuerte: alargamiento de la raíz.
   - Incremento progresivo del volumen a aportar.
   - Hasta cobertura efectiva completa.
3. Fase de maduración:
   - Necesidades más estables.
   - Hasta el comienzo de la maduración o senescencia.
4. Fase final del cultivo
   - Entrada en fechas de recolección.
   - Necesidades disminuyendo.

Gráfico 1. Evolución semanal del Kc del nabo

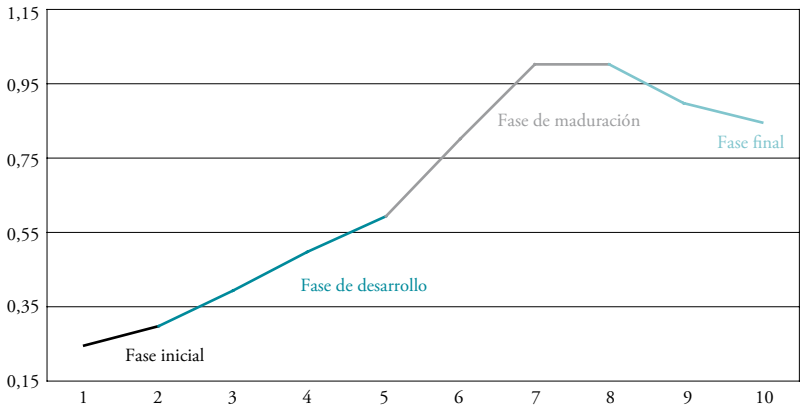
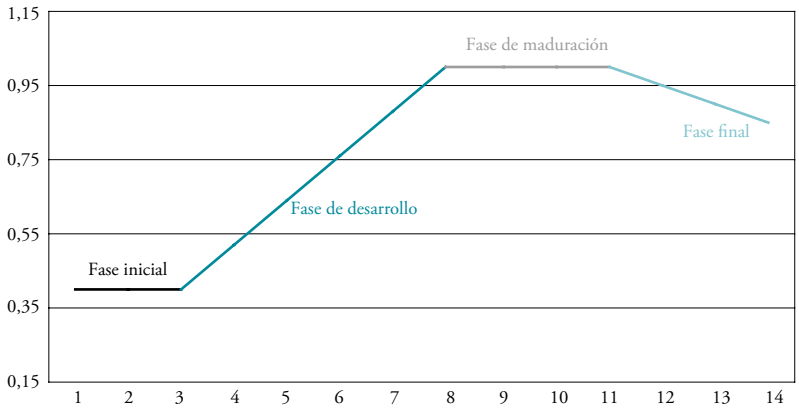


Gráfico 2. Evolución semanal del Kc del colinabo



3.5. Fertilización

Junto con la gestión del riego, otro de los aspectos de suma importancia para la buena marcha de la producción es la fertilización.

Según los estudios realizados y la bibliografía consultada, para conseguir unos rendimientos medios de 40 t/ha, el nabo requiere las siguientes unidades fertilizantes: nitrógeno (76 kg/ha), fósforo (40 kg/ha) y potasio (107 kg/ha). Estas cantidades se corrigen según las analíticas disponibles de suelo, agua y, en su caso, estiércol. Cabe tener en cuenta que el nabo es un cultivo muy exigente en boro.

El cultivo del colinabo no es muy exigente en cuanto al abonado. Según los estudios realizados y la bibliografía consultada, para conseguir unos rendimientos medios de 25 t/ha, el nabicol requiere las siguientes unidades fertilizantes: nitrógeno (85 kg/ha), fósforo (60 kg/ha) y potasio (120 kg/ha). Estas cantidades se corrigen según las analíticas disponibles de suelo, agua y, en su caso, estiércol.

Gráfico 3. Evolución de la distribución de fertilizantes (NPK) del nabo. En kg/ha

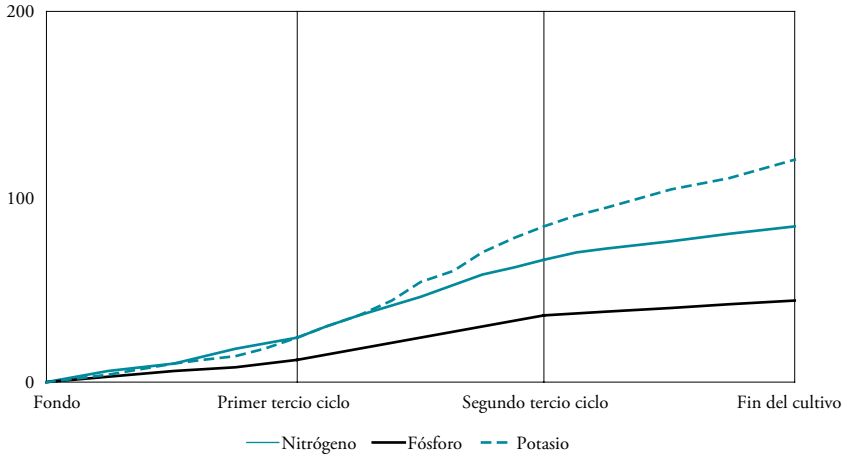
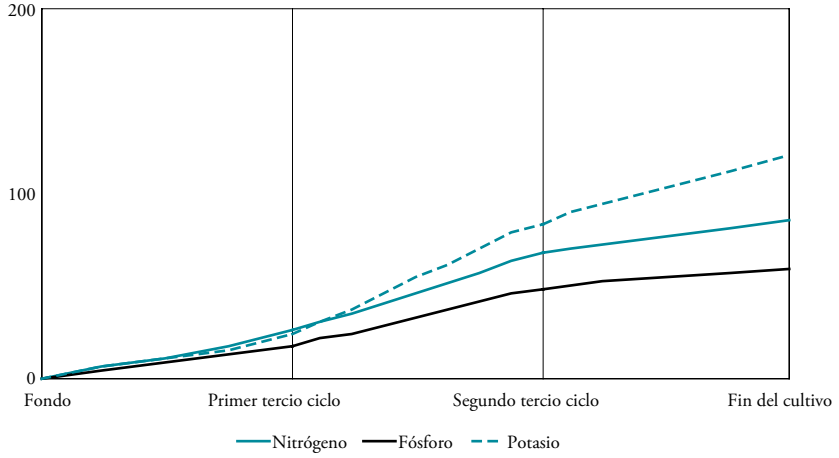


Gráfico 2. Evolución de la distribución de fertilizantes (NPK) del colinabo. En kg/ha



3.6. Plagas y enfermedades

Dentro de las plagas más importantes y frecuentes en los dos cultivos que tratamos podemos destacar las que a continuación se citan:

- Pulguilla de la crucífera (*Phyllotreta nemorum Linn*): principal daño causado por la forma adulta, devorando las hojas tiernas.

- Falsa «potra» (*Ceuthorrynchus pleurostigma Marsch*): provocando excrecencias redondeadas en la base del tallo.
- «Baris» (*Baris laticollis Marsch*): cuyas larvas excavan galerías en raíces o tallos.
- Orugas de las crucíferas (*Pieris sp L.)*: cuyas larvas se comen las hojas.
- Minadores: construyen galerías en la base del cuello.
- Pulgones: producen abarquillamiento y amarilleamiento en hojas.
- Gusano de alambre (*Agriotes* spp): los principales daños son producidos por las larvas, siendo los ataques normalmente en la madurez del cultivo, presentando galerías estrechas y poco profundas que deprecian el producto.
- Mosca de la col *(Delia radicum*): cuyos daños también son provocados por las larvas, describiendo galerías más profundas.

En cuanto a las enfermedades más frecuentes destacamos:

- «Hernia» o «Potra» de la col (*Plasmodiophora brassicae Wor*): hongo que produce excrecencias en las raíces, poco desarrollo y amarilleamiento de la planta.
- Mildiu (*Peronospora brassicae Gaumann*): produce manchas amarillentas en el margen del haz.
- *Rhizoctonia solani Jun*: produciendo manchas rojizas en el cuello de la raíz.
- Roya Blanca (*Albugo candida Kunze*): masa pulvurenta blanquecina que recubre toda la planta.

En cuanto a las fisiopatías más comunes podemos hacer referencia al

«ahuecado», producido por sobremaduración o por la incidencia de grandes variaciones en las disponibilidades hídricas (normalmente como consecuencia de una mala gestión del riego).

Las heladas también pueden ocasionar graves consecuencias, bien por pudriciones en la corona de la raíz o, como en casos anteriores, provocando el «ahuecado».

En nabo, como se ha indicado, la carencia de boro produce necrosis gomosa interna que puede llegar a ocasionar la total descomposición de la raíz.

Figura 3. Hoja de crucífera afectada por «pulguilla»

Ocasionalmente, en los meses de recolección, desde septiembre a noviembre, suelen verse en algunas raíces de colinabo, al partirlas por la mitad de forma longitudinal, una especie de vetas negras probablemente debidas a alguna alteración en el desarrollo vegetativo de la planta, bien por estrés térmico y/o hídrico.

3.7. Recolección

La decisión de cosechar se basa principalmente en el aspecto de las raíces (longitud, diámetro, calidad sanitaria).

En general, la recolección se realiza de dos formas, válidas para ambas especies:

- Mecánica con cabezal de verano: el apero recolecta los nabos o colinabos tirando de su masa foliar.
- Mecánica con cabezal de invierno: el apero recolecta las plantas entrando en contacto directo con las raíces, tras desbrozarlas previamente.

Es necesario saber que el nabo es un cultivo con mucho porcentaje en agua, por lo que es muy sensible a las rozaduras y golpes, así que la recolección se debe realizar con sumo cuidado y controlando todos los procesos.

El nabo es recolectado en sacas de aproximadamente 1.000 kg brutos y el colinabo de 1.200 kg. Ambos deben permanecer el menor tiempo posible en campo y, en el caso de épocas de mucha insolación, hay que cubrir el producto con el follaje del mismo cultivo para evitar la deshidratación.

Únicamente, en el caso de períodos de lluvias, en el que las cosechadoras y camiones no pueden trabajar en las parcelas, se puede realizar la recolección manual en *palots*.

4. Composición

El nabo es una hortaliza de escaso aporte calórico porque posee abundante cantidad de agua y un bajo contenido de hidratos de carbono pero, eso sí, es buena fuente de fibra. Respecto al contenido vitamínico, aporta una apreciable cantidad de vitamina C y de folatos, así como cantidades discretas de vitaminas del grupo B (B6, B3, B1 y B2). Sin embargo, carece de provitamina A y de vitamina E, aunque se encuentra en las hojas.

La vitamina C, además de poseer una potente acción antioxidante, interviene en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos. Asimismo, favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones.

Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y en la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

En cuanto a su composición en minerales, el más abundante es el potasio, seguido del calcio, el fósforo y el yodo. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, además de regular el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

El yodo es indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides, que regula el metabolismo. El fósforo juega un papel importante en la formación de huesos y dientes, al igual que el calcio, y participa en procesos de obtención de energía del organismo.

Es importante tener en cuenta que las hojas del nabo son más nutritivas que el propio nabo. Las nabizas, que son las hojas que se cosechan antes de la floración, aportan casi el doble de proteínas y de fibra que la raíz y además de

mucho calcio. Lo más destacable de los grelos es su composición en vitaminas y minerales, contiene cantidades varias veces superiores a las del nabo de provitamina A o β-caroteno, vitamina C y folatos.

El β-caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme este lo necesita y posee una acción antioxidante. La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. En definitiva, el nabo actúa como un buen alcalinizante, depurativo de la sangre y diurético.

Finalmente, El colinabo tiene apenas 40 cal/100 gramos de producto consumido. Esta misma cantidad te aseguran, ni más ni menos, que alrededor del 40 % del requerimiento diario de vitamina C. Además, es un vegetal muy rico en potasio, en magnesio y un poco de calcio. Tiene una gran dotación de fibra dietaria, un pequeño porcentaje de proteínas y también algunos azúcares naturales.

5. Economía del cultivo

El cultivo del nabo se ha extendido por todo el mundo, sobre todo, como alimento para el ganado. Las zonas más importantes de producción las encontramos en Alemania, sur de Europa y sur de EEUU. Por su parte, el colinabo tiene una gran tradición en los países nórdicos europeos, Canadá y EEUU.

En general, nabo y colinabo no son cultivos con elevados costes de producción en comparación con otros, ya que entre otros factores, hablamos de cultivos de siembra directa, normalmente la maquinaria empleada en las labores preparatorias a la siembra así como la utilizada para tratamientos, recolección y transporte suele ser propia de cada agricultor y son cultivos de ciclo vegetativo bastante rápido.

Referencias bibliográficas

Maroto, J. V. (1992): *Horticultura Herbácea Especial.* Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Páginas web:

http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-anteriores/default.aspx

www.infoagro.com

http://faostat3.fao.org/download/Q/QV/S

Hortalizas aprovechables por sus bulbos

Cebolla

Alfredo Miguel Gómez
Doctor ingeniero agrónomo

1. Introducción

El origen de la cebolla está en Asia central, en Irán y Pakistán. Es una de las hortalizas de consumo más antiguo. Las primeras referencias se remontan al año 3.200 a. C., pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos, y también en China y la India. Una inscripción encontrada en las pirámides de Egipto prueba que los hombres que las construyeron se alimentaron con cebollas.

Durante la Edad Media el cultivo de cebollas era habitual en los países mediterráneos donde se seleccionaron aquellos de bulbo grande que dieron origen a las variedades modernas. Desde los países del Mediterráneo se introdujo, posteriormente, en América. En el continente americano se cultiva, al menos, desde 1629.

2. Características botánicas

La cebolla *Allium cepa* L., de la familia *Liliaceae,* pertenece al género *Allium,* del que hay más de 500 especies, muchas de las cuales tienen bulbos como órganos de almacenamiento.

Es una planta bienal, monocotiledónea, de polinización cruzada que, en condiciones normales, se cultiva como anual para recolectar sus bulbos, y como bianual, cuando se desea producir semillas.

El sistema radicular es fasciculado, corto y poco ramificado. Las raíces son blancas y están continuamente desintegrándose y siendo reemplazadas por otras nuevas. No profundizan en el suelo más de 30-60 cm y la mayoría no pasan de 20-25 cm ni se separan más de 15 cm del centro del bulbo.

El tallo es subterráneo, de entrenudos muy cortos, con forma de cono, del que nacen coronas de raíces y en cuyo ápice se forman las nuevas hojas.

El tallo floral es recto, de 80 a 150 cm de altura, hueco y no tiene hojas, excepto una espata que cubre la inflorescencia.

Las hojas son paralelinervias, no tienen pecíolo y están formadas por dos partes: una inferior o vaina envolvente y una superior, hueca, redondeada y con sus bordes unidos. Las hojas inferiores están en la parte subterránea en forma de escamas y se unen al tallo por una amplia base.

El conjunto de las vainas envolventes forma el bulbo, que es un órgano de reserva donde se acumulan carbohidratos. Está constituido por las capas blancas que forman la cebolla y por las vainas de las hojas externas, que tienen consistencia membranosa y sirven de capa de protección.

Sobre cada tallo floral hay una inflorescencia (umbela) en la que se encuentran de 50 a 2.000 flores hermafroditas. Las flores son pequeñas y tienen 6 tépalos, dispuestos en 2 o 3 verticilos. Su color puede ser blanco, rosa, violeta o amarillo. Tiene 6 estambres y un ovario con 3 lóculos y un estigma sobresaliente. Cada lóculo tiene 2 óvulos por lo que la flor dará un máximo de 6 semillas.

El fruto es una cápsula con tres lóculos. La semilla de la cebolla es pequeña (240-330 semillas en un gramo) y de color negro.

2.1. Desarrollo de la planta

A partir de unas mismas semillas se pueden obtener, si se siembran en distintas épocas o en distintos lugares, plantas que solo produzcan hojas o bulbos o flor y semillas.

Durante la germinación de la semilla emerge la radícula que crece hacia abajo y después, el cotiledón que sale del suelo formando el «cayado». En la parte superior de la radícula se forma el tallo, que va engrosando y en cuyo ápice se forman las hojas.

La primera raíz muere y se van formando otras, adventicias, nuevas, al tiempo que mueren las viejas. Este proceso se paraliza cuando comienza el engrosamiento del bulbo. Después, cuando este alcanza su tamaño definitivo y comienza la maduración de la cebolla, si hay humedad en el suelo, se reanuda la aparición de nuevas raíces.

La primera hoja verdadera aparece a los 15-20 días de la siembra. A continuación, en el ápice del tallo aparece una nueva, dentro de la anterior. Cada 7-10 días nace una hoja, hasta un total de 13-18 al comienzo de la bulbación,

aunque este número puede variar por efecto de la temperatura, la época de siembra o la variedad. Unas 3-7 hojas son las visibles y tienen las vainas engrosadas, formando parte del bulbo y otras más internas, engrosadas o no, tienen abortada la parte aérea.

Cuando las condiciones de duración del día y temperatura son favorables se produce un ensanchamiento de la base de las hojas y comienzan a engrosar algunas de las interiores, que no llegan a emerger al exterior; aparecen nuevos ápices de crecimiento y cesa la formación de raíces. Algunas hojas han abortado sus láminas y se han quedado pequeñas, en el centro del bulbo. Estas podrían brotar luego, durante el almacenamiento. Se considera que la bulbación se ha iniciado cuando la relación de los diámetros del bulbo y del cuello (falso tallo) es mayor de 1,5 cm.

Durante la maduración de los bulbos, las hojas exteriores pierden agua y forman de una a tres capas de finas pieles que los envuelven completamente. Estas escamas exteriores son importantes para la apariencia del bulbo y para mantener la dormancia y así evitar pérdidas de agua y el ataque de patógenos.

La formación de hojas se detiene unas tres semanas antes de que madure el bulbo. Entonces el cuello del bulbo se debilita y se dobla, indicando que comienza la madurez. Es importante que al comienzo de la bulbación la planta ya tenga suficientes hojas grandes, que sean capaces de provocar un desarrollo adecuado del bulbo. La forma del bulbo, aunque depende sobre todo de la variedad, también está influenciada por la época de siembra y la temperatura. No se ha encontrado una hormona responsable de la bulbación. En el proceso están implicadas auxinas, citoquininas y etileno.

Los principales factores que afectan al inicio del engrosamiento del bulbo son: fotoperíodo (duración del día), temperatura, tamaño de la planta y abonado nitrogenado.

La cebolla, en lo que se refiere a la formación del bulbo, es una planta de día largo (noches cortas), lo que supone que hasta que el día no tiene una duración determinada, no comienza la formación del bulbo. Aunque no todas las variedades de cebolla necesitan el mismo fotoperíodo para bulbar.

Las variedades se clasifican en tres grupos principales, según la duración del día mínima necesaria para recibir el estímulo. Hay algunas de día corto (11 a 12 horas), de días intermedios (12 a 13 horas) y de días largos (14 a 16 horas). La mayor sensibilidad a la duración del día se produce a los 45-50 días de la siembra.

Mientras que el día sea más corto de lo que la variedad necesita para bulbar, la planta continúa fabricando hojas, sin llegar a formar bulbo. Por el contrario, si una variedad se siembra demasiado tarde, con duración del día suficiente para inducir la bulbación, esta se inicia muy tempranamente, con muy pocas hojas, dando lugar a la formación de un bulbo de muy escaso desarrollo. Esta circunstancia se aprovecha para la obtención de bulbillos o de cebolletas para conserva.

En resumen, una intensidad de luz baja puede demorar la formación del bulbo, reducir su crecimiento y su tamaño.

Las temperaturas altas aceleran la bulbación y las bajas la retrasan. Se requieren temperaturas mayores de 10 ºC para la formación del bulbo, independientemente de la duración del día. Pero, por sí sola, una temperatura alta no es capaz de iniciar el proceso.

El tamaño y el número de hojas activas en el momento de comenzar el desarrollo del bulbo influyen sobre el tamaño final del mismo. La cebolla puede formarlo con una sola hoja, pero es necesario un cierto desarrollo de la planta para que se produzca un bulbo comercial.

Un déficit de nitrógeno adelanta la bulbación y un exceso la retrasa.

La subida a flor prematura durante el primer ciclo de cultivo ocasiona numerosas pérdidas de producción comercial, puesto que el bulbo que ha emitido el tallo floral queda inservible para comercializar y es considerado como destrío.

Cuando se dan determinadas circunstancias, el ápice terminal deja de formar hojas y se alarga el tallo floral, en cuyo extremo se encuentran las flores.

Los factores que producen la iniciación floral son: temperatura, variedad y tamaño de planta. El fotoperíodo y la fertilización apenas tienen influencia.

Las temperaturas bajas inducen la formación de flor. No existe un nivel crítico puesto que depende del tamaño de la planta y de la duración del tratamiento. La inducción floral más rápida se produce de 4 a 8 ºC, aunque también puede suceder a 10 ºC en 30 días o a 15 ºC si se mantienen más de 50 días.

Existen grandes diferencias en sensibilidad a floración prematura entre variedades, aunque todas, en condiciones apropiadas, pueden subir a flor.

Para que la planta pueda ser inducida a floración es imprescindible que haya alcanzado un diámetro de bulbo de 1 cm aproximadamente. Las grandes se suben a flor con más facilidad que las pequeñas. Las siembras y plantaciones tempranas que se encuentran más desarrolladas en invierno y comienzos

de primavera, tienen más riesgo de subida que las tardías. También los bulbillos, que dan plantas de más rápido crecimiento, son más propensas a subida que las de semillero o la siembra directa.

La alta concentración de nitrógeno en la planta durante el invierno, disminuye el riesgo de subida.

Los bulbos son órganos de reserva, adaptados a mantener la planta viable durante un período desfavorable o a un largo almacenamiento. La brotación se inicia, dos semanas después de la recolección, con la formación de hojas en el interior del bulbo. El crecimiento del brote se debe al alargamiento de células que ya estaban formadas y no a la división celular del ápice del tallo. El alongamiento de las hojas de los brotes axilares dentro del bulbo provoca la ruptura de la capa externa. A la vez se desarrollan raíces internas. La brotación es más rápida a 10-15 ºC que a mayores o menores temperaturas; una vez que se ha iniciado, su crecimiento es tanto más rápido cuanto mayor es la temperatura.

La semilla pierde su capacidad germinativa con rapidez, lo que obliga a mantenerla en condiciones especiales de conservación con temperaturas inferiores a 6 ºC. La germinación se efectúa en un período de 12-15 días y la semilla necesita estar por encima de 1 ºC.

2.2. Exigencias ecológicas

La cebolla es una planta resistente al frío pero para una producción temprana se requieren lugares de inviernos suaves y primaveras cálidas. Para un crecimiento óptimo su temperatura debe estar entre los 13-24 ºC. Las raíces y las hojas necesitan más de 10 ºC para desarrollarse (20-23 ºC, lo ideal). El bulbo requiere temperaturas medias de 27 ºC y el suelo debería estar entre los 18-20 ºC. Por debajo de 5 ºC o por encima de 30 ºC se dificulta su crecimiento.

En primavera, las temperaturas bajas inducen a la floración prematura y las excesivamente altas aceleran la maduración del bulbo sin permitirle alcanzar su tamaño definitivo; también aumenta la tendencia a producir bulbos divididos, crece el nivel de pungencia (sabor y olor picante) y provoca la pérdida de dulzor.

La humedad relativa tiene gran importancia en la incidencia de enfermedades fúngicas; se prefieren zonas con varios meses sin lluvia y 50 a 70 % de humedad relativa; el rocío y la niebla favorecen también el desarrollo de enfermedades.

La cebolla no es exigente en tipo de suelo y se adapta a una extensa gama de ellos, desde los arenosos a los arcillosos (siempre que estén bien drenados) y también a los turbosos. Los pedregosos o con terrones dificultan la recolección.

El pH del suelo debe estar entre 6,0 y 7,9, pues valores inferiores o superiores reducen los rendimientos. La cebolla es medianamente tolerante a la salinidad. A partir de 2,8 mS/cm de conductividad eléctrica en el suelo hay reducción de la producción y son desaconsejables suelos con más de 3,5 mS/cm.

El suelo debe estar bien nivelado y exento de patógenos (hongos y nematodos) y de malas hierbas. No es conveniente repetir el cultivo antes de 4 años. Para siembra directa el suelo debe elegirse con mayor cuidado en lo que se refiere a nivelación, textura (que no haga costra) y limpieza de malas hierbas.

Las extracciones de elementos minerales por tonelada de bulbos y por hectárea se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1. Extracciones del suelo de nutrientes de un cultivo de cebolla con 65 t/ha de producción

Elemento	kg/t	kg/ha	Residuo de cosecha kg/ha
N	2,1-2,5	140-160	20-40
P2O5	0,9-1,5	60-100	3-6
K2O	3,0-3,8	200-250	5-15

Fuente: Ramos y Pomares (2010).

La cebolla es exigente en fertilización pero deja el suelo bien provisto para el siguiente cultivo.

3. Cultivo

3.1. Material vegetal

Las variedades de cebolla cultivadas pertenecen a uno de estos dos tipos: 'Común' y 'Aggregatum'.

Los bulbos de variedades del grupo 'Aggregatum' son más pequeños porque se dividen formando bulbos laterales en racimos. Este grupo incluye a las *chalotas*, que se multiplican vegetativamente. La importancia económica es mucho menor que el de las comunes y se cultivan normalmente en huertos familiares. Su ciclo (60-75 días) es mucho más corto que las cebollas multiplicadas por semilla, lo que las hace apropiadas para su cultivo en altas latitudes (período de cultivo corto) y en zonas tropicales, donde el peligro de enfermedades es mayor cuanto más largo es el ciclo. Su importancia relativa es muy reducida. Se cultivan en Andalucía y Castilla-La Mancha.

El tipo 'Común' comprende a la mayoría de las variedades y se reproduce normalmente por semilla. Como la cebolla se ha cultivado durante tanto tiempo y en tan diferentes condiciones existe una amplia gama de variedades y líneas, adaptadas a distintas duraciones del día y temperaturas, con diversos contenidos en materia seca, sabor, color de piel y facilidad de conservación. La mayor diversidad genética se encuentra entre el Mediterráneo oriental, Asia central y la India.

Las variedades se distinguen por una serie de características: color de las hojas, forma del bulbo (esférico, aplastado, ahusado, cilíndrico), color de la piel (blanco, amarillo, marrón, rojo, púrpura, verde), número y color de las flores. Todas ellas son características fácilmente visibles.

Desde el punto de vista comercial son importantes el espesor de la piel, firmeza del bulbo, contenido en materia seca, capacidad de conservación, facilidad de subida a flor, resistencia a enfermedades, fotoperíodo para bulbación, pungencia y adaptación al destino del producto (seca, tierna, deshidratada, encurtido…).

En España cada región tiene sus propias variedades tradicionales pero han sido, en gran parte, sustituidas por híbridos. Aún se siguen cultivando, en pequeña escala, las que han dado nombre a los tipos, precoz ('Babosa'), media estación ('Liria') y tardía ('Grano').

3.1.1. Variedades para seco

Extraprecoces (de día corto). Se recolectan desde primeros de abril hasta mediados de mayo. Existe una amplia gama de variedades, todas ellas híbridos de día corto.

En experimentos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta han destacado los siguientes cultivares: 'Spring Star', 'Takanisiki', 'Mondego', 'Rocio' y 'Cascade'. Y también, en otros: 'Top Star', 'Makalu' y 'Hamasodachi'.

Actualmente se están cultivando 'Takanishiki', 'Rocío', 'Hamaemi (920)', 'Bigger', 'Benyal', 'Osaka', 'Espadán', 'Top Gold 305' y 'Nozumi', todas ellas de piel amarilla.

Figura 1. Variedades de cebolla extraprecoces

Precoces. Recolección hasta mediados de junio. La variedad típica de este grupo es 'Babosa'. Ha sido sustituida, en parte, por híbridos más productivos y de mejor conservación, como 'Ginza', 'Cartuja', 'Prebosa', 'Paulina', 'Duquesa', 'Barón' y 'Titán', también amarillas.

Las variedades 'CB 003', 'Shinto' y 'Kira' han tenido mejor comportamiento que otras del mismo ciclo, en 2015, en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.

De media estacion. Se recolectan desde mitad de junio hasta mediados de julio. La variedad 'Liria' o 'Medio Grano' ha sido el prototipo. Llegó a estar muy deteriorada por malas prácticas en su multiplicación pero se volvió a seleccionar la variedad auténtica, que aún se sigue cultivando. Del mismo ciclo son 'Mariela', 'Captain', 'Mustang', 'Caballero' y 'Caimán' que la han sustituido en parte.

Tardías. Recolección a partir de mediados de julio. El tipo 'Recas' de la variedad 'Grano' (Valenciana Tardía de Exportación) ha sido durante mucho tiempo la más cultivada, pero está siendo, en parte, sustituida por híbridos

tales como 'Citation', 'Legend', 'Peso', 'Pandero', 'Hamilton', 'Valero', 'Utrero', 'Ciclope', 'Caballo blanco', 'Vaquero', 'Cimarrón', 'Bisonte', 'Olympic', 'Oracle', 'Croket' y 'Macarena'.

Se cultivan también para seco variedades blancas como 'Blanca de Fuentes' o 'Ice Field'.

Aún continúan en producción variedades locales bien implantadas en el mercado e incluso hay programas de tipificación y mejora de este material vegetal en algunas comunidades autónomas.

Hay un mercado interesante para las variedades de color: 'Moradas de Zalla' o 'de Amposta', 'Colorada de Figueras' y 'Red Bull'.

3.1.2. Variedades para cebolla tierna

Se emplean también distintas variedades para las diferentes épocas. Todas ellas deben ser de carne blanca y dulce.

Como precoces se emplean las variedades 'Hamaemi (920)', 'Rocío', 'Takanishiki', 'Bigger', 'Top Gold 305' y 'Galaxia', amarillas, con siembra directa y 'Bigger' y 'Takanishiki', en plantación, para recolección un poco más tardía; de ciclo medio 'Nube', 'Cirrus' y 'Stratus', 'blancas' y 'Top Gold 415' de plantación en enero para recolectar en abril, mayo.

La producción para los meses de verano se hace en zonas frescas en Castilla y León, con variedades blancas de día largo, como 'White Cap'. Para la producción de octubre-noviembre se utilizan 'Virgin', 'Nube' y 'Stratus' con plantación de bulbillos.

Para la produccion de *calçots* se emplean distintas selecciones de la variedad 'Blanca Tardía de Lleida'.

Para deshidratación se utilizan variedades muy blancas y de alto contenido en materia seca, tales como 'Southport White Globe', 'Agro' y 'Snowpack' de día largo y 'White Creole', de día corto.

La producción para pelado (industria chacinera) se hace en parte con destríos, cebollas mal formadas o, simplemente, con producto plenamente comercial en épocas de bajo precio. También se utilizan producciones hechas bajo contrato para este fin, con variedades tales como 'Vaquero'.

Figura 2. Variedades de cebolla recolectadas para su consumo como tierna

3.2. Mejora genética

La mejora genética de la cebolla ha pasado por diversas etapas hasta el desarrollo de la producción comercial de semillas y la producción de híbridos. Esta es ahora la tendencia dominante. Para el cultivador tiene la ventaja del aumento de vigor y producción debida a la heterosis, y para el obtentor la garantía de que la variedad no se puede reproducir libremente.

Los objetivos de la mejora son muy variados, algunos de ellos comunes a todas las circunstancias y otros que dependen directamente del destino de la producción (consumo para tierna, largo almacenamiento, deshidratación).

Entre los más comunes están: adaptación al fotoperíodo y fecha de maduración apropiada, resistencia a subida a flor, alta producción, cáscara entera y atractiva, cuello delgado, ausencia de dobles, carne firme, valor nutritivo y sabor adecuado (presencia o ausencia de picante) y resistencia a enfermedades. En cualquier caso la adaptación al clima (fotoperíodo y temperatura) es esencial.

Las cebollas para almacenamiento deben tener larga dormancia, carne firme y cáscara fuerte.

Los bulbos para consumo como tierno deben ser de sabor suave y dulce, carnosos y con un solo centro.

Para deshidratación se requiere alto contenido en materia seca, carne y piel blancas y ser completamente esféricas (para el pelado mecánico).

La introducción de la resistencia a «raíz rosada» (*Pyrenochaeta terrestris*) fue un éxito, aunque han aparecido razas de la enfermedad capaces de remontar la resistencia. Actualmente se crean variedades con cruzamientos con *Allium fistulosum*, que es resistente a *Pyrenochaeta* y *Botrytis squamosa* que soportan mejor la enfermedad.

La resistencia a *Thrips tabac*i se encontró en un cultivar con una disposición especial de las hojas que impedía el alojamiento de la plaga en los intersticios entre hojas jóvenes. Lamentablemente esta resistencia va asociada a otra característica, la ausencia de cera en las hojas (follaje brillante) que las hace más sensibles a mildiu y *Alternaria*.

3.3. Modalidades de cultivo

El tipo de cultivo depende del destino de la producción. Esta puede ser:

3.3.1. Cebolla para «seca»

La mayor parte de las cebollas en España se producen para comercializar como «secas» y la totalidad de la exportación corresponde a esta modalidad. En este tipo se distinguen comercialmente varios grupos de variedades, según su época de maduración y necesidades de fotoperíodo para el inicio de la formación del bulbo.

En Andalucía (Sevilla, Córdoba y Málaga) se produce el 30 % de la cebolla temprana y extratemprana (día corto y tipo 'Babosa') y en la Comunidad Valenciana (Valencia) el 28 %. Castilla-La Mancha produce el 17 % y Catalu-

ña el 11 %. Gran parte de esta cebolla va a exportación y también, una parte, se destina a tierna, en manojos.

La cebolla de media estación, tipo Liria, tiene menos, aunque creciente importancia. Castilla-La Mancha (Ciudad Real) aporta casi el 70 % de la producción y Andalucía (Sevilla) el 26 %. Valencia, el origen de la variedad 'Liria', apenas produce el 3,5 % del total de este tipo.

Tabla 2. Producción española de cebollas. Clasificación por tipos y regiones

	Babosa		Liria		Grano		Otras	
	Superf. (ha)	Producc. (t)	Superf. (ha)	Producc. (t)	Superf. (ha)	Producc. (t)	Superf. (ha)	Producc. (t)
Galicia							1.374	34.515
Aragón							813	21.694
Cataluña	379	15.295			193	8.073	537	14.996
Castilla y León	27	743	11	242	1.294	69.260	859	37.774
Castilla-La Mancha	439	23.970	701	49.040	6.776	426.213	2.648	208.068
Com. Valenciana	848	39.779	35	2.450	175	4.975	119	4.165
Reg. de Murcia	352	15.840			290	13.050	139	6.256
Andalucía	1.089	41.946	519	18.404	868	36.354	786	27.811
España	**3.212**	**140.272**	**1.284**	**70.810**	**10.171**	**582.337**	**8.200**	**376.293**

Castilla-La Mancha (Toledo y Albacete) es la gran productora (72 %) de cebollas del tipo 'Grano' y le sigue en importancia, a mucha distancia, Castilla y León con el 12 % de la producción.

En el capítulo de «otras» entran variedades locales diversas y las rojas. También Castilla-La Mancha (Ciudad Real) es la gran productora con más del 50 % del total. El otro 50 % se produce en Castilla y León, Galicia y Andalucía, principalmente.

La cebolla tierna es un bulbo que se arranca cuando aún no ha completado su engrosamiento, tiene las hojas verdes y, por supuesto, no ha llegado a la fase de maduración.

Tabla 3. Producción española de cebolla tierna. Distribución por comunidades

	Superficie (ha)	Producción (t)
País Vasco	97	1.750
Navarra	41	1.207
Baleares	40	1.004
Castilla y León	45	1.387
Comunidad Valenciana	19	570
Andalucía	540	15.096
España	**820**	**21.675**

El arranque se efectúa normalmente a mano, la planta se lava para eliminar la tierra de las raíces y se eliminan las hojas exteriores, dejando un bulbo blanco con hojas. Se forman manojos de tres unidades para su comercialización.

La superficie y producción de cebolla tierna no están bien delimitadas y separadas de la cebolla para seco. Se cultiva en varias regiones, tratando atender a la demanda de las cadenas comerciales de distribución y gran parte del suministro a los mercados mayoristas durante todo el año.

El cultivo de cebolla para tierna presenta algunas diferencias con el de cebolla para seca. La primera es que su período de conservación es mucho menor, lo que requiere un calendario de producción más ajustado que contemple recolecciones escalonadas a lo largo de todo el año, y la segunda es que no exige variedades con buena capacidad de almacenamiento. El ciclo de cultivo es, naturalmente, más corto, puesto que los bulbos no llegan a madurar.

En la producción de cebolla tierna se utiliza siembra directa, trasplante y también bulbillos, para acortar el ciclo de cultivo.

Se emplean variedades de cáscara amarilla o blanca, carne blanca y dulce, con distintas exigencias de fotoperíodo, para su cultivo en diferentes épocas.

3.3.2. *Calçots*

Los *calçots* son hijuelos obtenidos a partir de bulbos, plantados para este fin, de algunas variedades de cebolla dulce, que se consumen asados, especialmente en algunas comarcas de Cataluña.

El cultivo tiene dos fases. En la primera se hace la siembra en invierno y el trasplante a principios de primavera, siendo la recolección en verano; y en la segunda fase se plantan los bulbos previamente recolectados a finales de verano o principios de otoño. Se corta la parte superior del bulbo para conseguir que los brotes crezcan más separados. A medida que estos van saliendo se van recalzando, a fin de blanquear los brotes. Esto se hace dos o tres veces durante el cultivo. Por este motivo, el marco de plantación utilizado es aproximadamente de 0,50 m x 0,30 m, plantando la cebolla bastante enterrada (unos 10 cm).

Los *calçots*, se recolectan en invierno, normalmente de 4 a 7 por bulbo, a medida que van alcanzando el tamaño adecuado (15-25 cm de longitud y 17-25 mm de diámetro).

3.4. Sistemas de producción

3.4.1. Densidad de plantación

El tamaño del bulbo está controlado por la densidad de plantación.

Los bulbillos para plantación en un próximo cultivo se obtienen con una densidad de 1.000-2.000 plantas/m^2. Cuando se trata de obtener bulbos de 5-7 cm de diámetro, la densidad es de 50-100 plantas/m^2 y si se quieren más grandes, la densidad se reduce a 25-50 plantas/m^2.

A partir de un cierto número de plantas por unidad de superficie, la producción se mantiene, mientras que el tamaño del bulbo disminuye. El rendimiento máximo depende de las condiciones de cultivo, especialmente de la fertilidad y agua disponible. Para un mismo número de plantas, la producción aumenta cuando disminuye la separación entre hileras.

El trasplante puede realizarse de diversas formas, bien de forma manual o con máquinas plantadoras. Suele hacerse en caballones, separados 0,45-0,65 m, según la anchura del tractor con el que se efectúan las labores, plantando dos líneas de plantas en cada uno. También se hace en bancadas, distantes entre sí de 1 a 1,20 m, sobre las que se disponen 4 filas de plantas. Este sistema es el que más se utiliza para riego por goteo.

3.4.2. Fecha de siembra

Para determinar el momento de la siembra hay que tener en cuenta que la cebolla soporta temperaturas de -6 ºC pero muere entre -8 y -11 ºC.

También hay que considerar que, en el momento de la bulbación, la planta debe tener el tamaño adecuado. En otoño, una siembra temprana ocasionará subida a flor y si es demasiado tarde, la planta llegará con pocas hojas a la bulbación y la cebolla será pequeña. Las siembras de otoño deben ser tanto más tempranas cuanto más riguroso sea el invierno.

En primavera hay que esperar a que la temperatura del suelo sea suficiente para la germinación; con temperaturas bajas esta se retrasa y si hay más de 2 días a -2 ºC, la semilla deja de ser viable. También una costra helada en el suelo puede impedir la emergencia de la plántula.

La fecha adecuada para siembra directa es intermedia entre la fecha de siembra para semillero y la de plantación.

3.4.3. Semillero

Para el semillero se necesita un suelo limpio de malas hierbas y enfermedades. Es recomendable hacer una desinfección del suelo antes de la siembra. Si se utiliza riego por aspersión mejora la nascencia.

La temperatura ideal para la germinación es de 20-23 ºC. Si pasa de 30 ºC es conveniente sombrearlo hasta que emerjan las plántulas.

El semillero puede hacerse en llano, en eras de 1,5-3 m de ancho o en caballones con cuatro líneas de plantas, separados 0,45-0,60 m, en función de la anchura entre ruedas del tractor. Este último procedimiento es el más frecuente y tiene la ventaja de un mejor drenaje y arranque más fácil de la planta. Se emplean 750-900 semillas/m^2 de semillero.

Los riegos en el semillero deben ser frecuentes y suspenderse unos días antes del arranque para endurecer la planta. Este se hace pasando previamente una barra de corte a 5-10 cm de profundidad por el caballón.

Para el trasplante el cebollino debe tener 3-4 hojas verdaderas y unos 30 cm de altura. Un diámetro mayor de 6,5-7 mm se considera excesivo. La planta demasiado gruesa es propensa a subida a flor.

Es importante conseguir el tamaño adecuado en el menor tiempo posible. A los 55 días de la siembra, antes de que aparezca la segunda corona de raíces, el semillero debe estar listo para el trasplante.

Los semilleros en tierra han sido, en gran parte, sustituidos por la siembra en bandejas.

Figura 3. Semillero en suelo

Figura 4. Bandejas flexibles de 448 alveolos para plantación con máquina

Se utilizan bandejas con 322 a 589 alveolos de 9-15 cc rellenas de sustrato comercial. Para plantación con máquina se emplean bandejas flexibles de 448 alveolos.

Figura 5. Bandejas para plantación con máquina

Figura 6. Planta con cepellón

En la elaboración del cepellón se emplea un sustrato fertilizado y se abona semanalmente con nitrato potásico o abono complejo. Se pueden sembrar cepellones con 5-6 semillas pero es más frecuente hacerlo con 1 o 2.

La temperatura para la germinación debe ser de 18-21 ºC. Progresivamente se disminuye hasta 10 ºC y, dos semanas antes de la plantación se llevan a temperatura ambiente. Las plantas están listas a los 200º día a temperatura > 6 ºC.

3.4.4. Siembra directa

Las cebollas requieren un lecho de siembra finamente preparado y preferiblemente no muy seco para evitar riegos frecuentes después de la siembra. Es conveniente hacerlo con antelación, y poco antes de la siembra remover los 2-3 cm superficiales.

La siembra se hace con sembradoras de chorrillo o, más frecuentemente, de precisión, de discos, cucharillas o neumáticas, en 2 líneas o bandas de 5-10 cm de anchura, separadas por 20-30 cm sobre un caballón, o 4-5 líneas en un banco. La separación entre bancos depende de los ejes del tractor.

Con semilla desnuda es suficiente utilizar 5-7 kg de semilla/ha con sembradoras a chorrillo y 2-2,5 kg con sembradoras de precisión, unas 500-750.000 semillas/ha. Con frecuencia se emplea semilla pildorada.

Un tractor con sembradora de 4-5 lineas puede sembrar 1 ha en 2-3 horas. Después de la siembra, el tiempo de emergencia depende de la temperatura y humedad disponible. Si hay humedad, el 50 % de la germinación se alcanza con 140º día a temperatura >1,4 ºC. Como la germinación es lenta y la plantita débil, la nascencia se reduce en un suelo con costra.

La cebolla es muy sensible a salinidad. Debe procurarse que no se forme una zona de concentración salina junto a las semillas.

Figura 7. Sembradora de discos

Figura 8. Siembra con máquina de discos

Figura 9. Semilla pildorada

Figura 10. Emergencia de la planta

3.4.5. Trasplante a raíz desnuda

La siembra directa tiene sus riesgos y el trasplante tiene ventajas, tanto porque acorta el período de cultivo en campo como porque facilita el control de adventicias.

Antes del trasplante se endurecen las plantas reduciendo el riego.

Para facilitar la plantación a veces se recorta la planta a 10-15 cm pero esta práctica repercute negativamente sobre la producción. Se planta a 2,5 cm de profundidad. La densidad de plantación es de 300 a 400.000 plantas/ha y la separación entre plantas de 10 cm. Se utilizan máquinas plantadoras automáticas o semiautomáticas.

La plantación se realiza en caballones con dos o tres hileras de plantas o en bancos con cuatro o más hileras, que permiten instalar mayor número de ellas y que, generalmente, dan mayor producción. La limitación a la anchura del banco la imponen el riego y los aperos mecánicos para laboreo y recolección. Conforme aumenta la densidad de plantación disminuyen el peso medio del bulbo y el porcentaje de calibres gruesos. La densidad de plantación aconsejable es un compromiso entre número de plantas y mano de obra invertidas, tamaño de bulbo deseado y producción. En los experimentos realizados con variedades de día corto se determinó que la densidad más aconsejable era de 35-40 plantas/m^2 en las de bulbo aplanado y de 45 plantas/m^2 en las de bulbo globoso.

3.4.6. Trasplante con cepellón

Este sistema tiene la ventaja de que si el suelo no está preparado, las plantas pueden almacenarse hasta dos semanas, a 0,5 ºC y 95 % de humedad relativa, en la oscuridad.

Se utilizan, en plantación mecánica, 740-780 bandejas/ha, que suponen 330-350.000 plantas/ha.

Figura 11. Plantación mecánica

En la plantación se entierra el cepellón para evitar su deshidratación y a continuación se riega.

El coste con plantación es superior al de la siembra directa pero se obtiene mayor producción, mejor calidad (bulbo más grande) y maduración más temprana. La plantación con máquina se ha generalizado.

Figura 12. Plantación con máquina

3.4.7. Empleo de bulbillos

Los bulbillos, debido a su tamaño, dan en la plantación definitiva una planta más robusta que la de semilla, y por eso no necesitan una preparación

del terreno tan cuidadosa. El cultivo de cebollas a partir de bulbillos es más sencillo y de ciclo más corto, por lo que se utilizan donde una producción temprana es importante. Pueden obtenerse bulbos comerciales de una a tres semanas antes que con trasplante o siembra directa.

Obtención de los bulbillos:

La siembra se realiza cuando el día es suficientemente largo para iniciar la formación del bulbo teniendo la planta pocas hojas, lo cual depende en gran parte de la variedad. Si se adelanta la siembra se formarán bulbillos de mayor tamaño, y si se retrasa serán demasiado pequeños.

Figura 13. Cebolla para bulbillos

El semillero se puede realizar en suelo a densidades altas (5-9 g/m^2 de semilla) o en bandeja de pequeños alvéolos. Si se cubre el semillero con plástico, un solo riego es suficiente hasta la nascencia. Después, los riegos y abonados deben ser frecuentes para mantener un crecimiento vigoroso. El arranque se efectúa cuando la mayor parte de los bulbillos tienen 15 mm de diámetro y antes de que alcancen la madurez. Las hojas se cortan con cuchillas fijas sobre un tambor que gira a alta velocidad elevándolas para facilitar su corte. El arranque puede ser manual o utilizando una cuchilla cortadora por debajo de la raíz. En el campo se dejan al menos dos días para su secado. Una cosecha-

dora eleva los bulbillos hasta una cinta sin fin que los lleva al remolque, a la vez que separa los residuos.

El tamaño apropiado de los bulbillos es de 1 a 2,5 cm de diámetro, siendo el óptimo de 1,5 a 2 cm. Tanto los mayores de 2,5 como los menores de 1 cm se desechan.

Frecuentemente se plantan poco después de la recolección, pero si no es así, la conservación puede hacerse a 0-2 ºC y 60-70 % de humedad relativa o a más de 18 ºC, sin exceder de 45 ºC. Las temperaturas altas reducen el riesgo de subida a flor. Las temperaturas intermedias, de 5 a 15 ºC inducen la floración prematura.

Las plantas procedentes de bulbillos tienen un crecimiento más rápido, uniforme y vigoroso que las de siembra directa o trasplante de semillero. Cuanto más temprano es el trasplante en otoño o invierno y mayor el bulbillo, también lo es el riesgo de subida a flor. Si el trasplante es tardío o el bulbillo es pequeño, el riesgo de subida es menor, pero también lo es la producción. Los bulbillos grandes tienen mayor tendencia a dar bulbos dobles.

Las épocas de plantación de bulbillos son: en julio, agosto o primeros de septiembre, para recolección en noviembre; o a mediados de octubre para recolección a partir de marzo.

La cantidad de bulbillos necesaria para la plantación depende del tamaño. Se utilizan 750 kg/ha con el calibre 12-16 mm y 1.300 kg/ha con calibre 18-21 mm.

La densidad de plantación podría ser igual o mayor que la de trasplante de semillero, puesto que las plantas procedentes de bulbillo crecen más rápidamente y dan mayor tamaño de bulbo. Normalmente se plantan unos 180-200.000 bulbillos/ha.

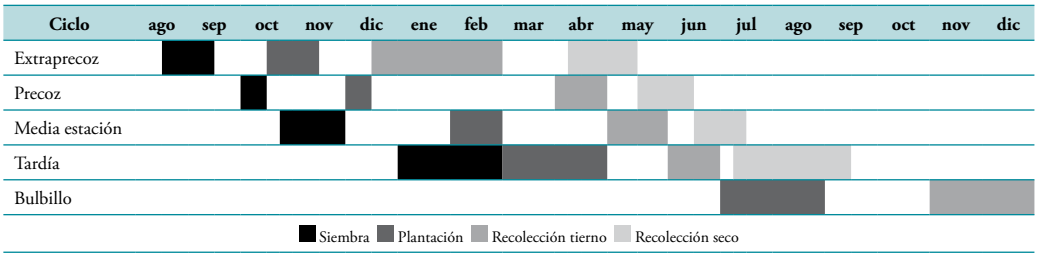
Deben plantarse derechos y apenas cubiertos de tierra, bien compactada. Si la plantación se hace con máquina, no todos quedan en la posición correcta y la producción disminuye un 10-30 %.

3.5. Calendario de producción

El calendario de producción en España es el que se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Calendario de producción de la cebolla en España

Tipo siembra	Plantación	Recolección
Cebolla para seco		
Extraprecoz		
Siembra directa: 20/8 al 10/9		*Recolección:* 10/4 al 15/5
Precoz		
Siembra: 1/10 al 10/10	*Plantación:* 1/12 al 30/12	*Recolección:* 15/5 al 15/6
Media estación		
Siembra: 25/10 al 30/11	*Plantación:* 1/12 al 28/2	*Recolección:* 15/6 al 15/7
Tardía		
Siembra directa: 1/2 al 30/4		*Recolección:* 10/4 al 15/5
Cebolla para tierna		
Siembra: 20/8 al 30/4		*Recolección:* 15/12 al 28/2
Siembra: 20/8 al 15/9	*Plantación:* 1/10 al 15/10	*Recolección:* 1/2 al 30/3
Siembra: 1/10 al 30/10		*Recolección:* 1/4 al 30/5
Siembra: 1/5 al 30/7		*Recolección:* 1/6 al 30/9
Bulbillo	*Plantación:* 1/7 al 30/8	*Recolección:* 1/11 al 30/11



3.6. Riego y fertilización nitrogenada

La planta de cebolla presenta un sistema radicular débil, la mayoría de raíces no profundizan más de 20-25 cm ni se separan más de 15 cm del bulbo, por lo que los fertilizantes se deben localizar cerca de la planta.

Antes de la siembra se incorporan el fósforo y la potasa (según análisis). Las cebollas necesitan más P y K que otros cultivos con mayor tasa de crecimiento porque su sistema radicular es superficial y sin pelos radiculares.

Para obtener buenas producciones se necesitan altas dosis de N, aunque la tasa de aprovechamiento es baja, apenas un 37 %, por la razón antes apuntada. La cebolla deja una buena reserva de N para el cultivo siguiente.

Como la cebolla es sensible a salinidad, los abonados deben ser fraccionados. No conviene pasar de 60-80 kg de N antes de la plantación.

Para una producción comercial de 65 t/ha, la extracción de nutrientes por la cebolla viene a ser de: 170-190 kg/ha de N, 60-100 kg/ha P_2O_5 y 200-250 kg/ha K_2O (Pomares y Ramos, 2010). En el momento de la siembra o plantación es conveniente una aplicación de 20 UF de N en forma de fosfato amónico, incluso en suelos bien provistos de P y K. Si es posible, se deben aplicar los abonados de cobertera en el riego. El riego puede lixiviar los nitratos. Conviene la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de nitrato.

Si las pérdidas por lixiviación no son excesivas raramente se obtienen mejores cosechas con cantidades de N superiores a 300 kg/ha.

Un programa de fertilización medio podría ser como el de la Tabla 5.

Tabla 5. Programa de fertilización para un cultivo medio de cebolla

	Abono	Dosis (kg/ha)
Abonado de fondo	15 15 15	600
A los 30 días de la plantación	Fosfato biamónico Nitrato potásico	120 60
A los 60 días de la plantación	Nitrato amónico Nitrato potásico	60 180
A los 90 días de la plantación	Nitrato amónico	120

A estas aportaciones habría que descontar:

- Los NO^{-3} aportados por el agua de riego y por la mineralización de la materia orgánica.
- La fertilización fosfo-potásica se corrige en función de la riqueza del suelo y se descuenta lo aportado por el estiércol.

Las aplicaciones excesivas o tardías de nitrógeno pueden retardar la formación del bulbo, mientras que una deficiencia de nitrógeno la adelantaría. Ambas condiciones pueden ser desfavorables.

En suelos turbosos se producen, a veces, deficiencias de cobre y en suelos de pH > 6,5 de manganeso.

La cebolla es capaz de sobrevivir largo tiempo con estrés hídrico y se recobra cuando tiene agua disponible. Sin embargo, la tasa de fotosíntesis y el crecimiento de la cebolla son más sensibles a la falta de agua que en la mayoría de los cultivos. Su sistema radicular superficial hace más difícil el acceso a las reservas hídricas. El cultivo requiere un suelo con un nivel de humedad aproximado a su capacidad de campo, para maximizar los rendimientos.

El riego tardío retrasa la maduración. Debe cesar 3 semanas antes de la recolección; con ello se reduce el rajado de la piel y el pelado.

El riego y abundante fertilización nitrogenada son convenientes durante el desarrollo de las hojas y comienzo de la bulbación.

El riego por aspersión se utiliza para una rápida germinación y establecimiento del cultivo. Una vez el cultivo establecido pueden utilizarse indistintamente, aspersión, surcos o goteo. Este último está muy indicado para variedades de día corto en regiones áridas.

Las necesidades de agua del cultivo vienen a ser del 50 al 80 % de la evapotranspiración potencial (ETP), según el estado de desarrollo, hasta la bulbación y del 100 % de la ETP durante el engrosamiento del bulbo. Una vez se inicia la maduración es desaconsejable el riego, porque puede retrasarla y disminuye la capacidad de conservación. Las grandes oscilaciones en el contenido de humedad del suelo aumentan el picante de la cebolla.

Habitualmente se realizan 2 o 3 aporcados durante el desarrollo del cultivo. Cuando la planta tiene más de 100 días desde la siembra ya no se debe aporcar, excepto que se trate de variedades de blancas, ya que estas se colorean de verde cuando se exponen al sol.

3.7. Recolección

Las técnicas de recolección dependen de la climatología durante la época de la cosecha. En áreas de clima suave y seco, el curado y envasado pueden hacerse en el campo. En regiones templadas y húmedas es necesario calor artificial y ventilación para el secado del bulbo. Después de que los cuellos hayan doblado, la producción sigue aumentando hasta un 15-20 %, cuando se retrasa la recolección unas dos semanas, siempre que las hojas continúen verdes. Sin embargo la brotación durante el almacenamiento es más tardía si se recolecta con un 50-80 % de cuellos doblados. La fecha de recolección es un compromiso entre producción y calidad. En climas húmedos se recolecta

con un 50-80 % de cuellos doblados y en climas secos se puede esperar hasta la completa marchitez del follaje.

El método tradicional es arrancar los bulbos o cortar las raíces y dejarlos en hileras sobre el suelo para su secado y curado. En áreas de fuerte insolación los bulbos deben protegerse cubriéndolos con hojas para evitar el escaldado. Estos pueden permanecer en las hileras 1 o 2 semanas antes de eliminar las hojas y ensacarlos. Si las cebollas están bien maduras en el momento de la recolección, con el cuello blando, casi seco, el follaje puede eliminarse cuando se arrancan.

En un proceso más avanzado de mecanización se utiliza una cortadora de aspas giratorias horizontales, para recortar las hojas por encima del nivel del suelo. Si la cebolla no ha alcanzado su completa madurez, es menester que haya pasado una cuchilla por debajo del bulbo, sin moverlo del sitio, para acelerar su secado.

Se puede utilizar una arrancadora que deja los bulbos hilerados sobre el suelo, en el que terminan su secado durante uno o dos días. Una cosechadora los recoge y carga en el remolque.

Las producciones oscilan entre 40 y 80 t/ha, siendo los valores más frecuentes de 50 a 70 t/ha.

3.8. Control de malas hierbas

Las cebollas son muy sensibles a la competencia de las adventicias. Toda una serie de características las hacen especialmente sensibles. Su germinación y crecimiento es lento respecto al de las hierbas, especialmente con temperaturas bajas. La semilla y plántula de la cebolla son pequeñas. Su corta estatura y porte erecto hacen que no quite luz a las otras plantas. Además, tiene una raíz superficial y escasa que no compite con ventaja frente a otras plantas.

Como consecuencia de todo ello, las adventicias pueden establecerse durante toda la época de cultivo. En las últimas etapas, las hierbas no suponen una fuerte competencia para la producción, pero dificultan las labores de recolección.

En regiones templadas la época de mayor aparición de malas hierbas es la primavera. Las de aparición posterior tienen mucha menos influencia sobre la producción. Las plantas procedentes de bulbillos, que son más vigorosas, pueden tolerar un mayor nivel de herbicida y, además, tienen un ciclo más corto, por lo que son mucho menos sensibles a la competencia de las hierbas.

Se pueden utilizar los siguientes herbicidas:

- De preemergencia y contacto: diquat y glifosato.
- Para gramíneas anuales: cicloxidim, cletodim y quilazofop y para dicotiledóneas: ioxinil. También está autorizado en preemergencia clorprofam.

3.9. Almacenamiento y conservación

Aplicación de MH (hidrazida maleica)

Las aplicaciones de MH inhiben la brotación de los bulbos durante su almacenamiento.

Se aplica a las hojas mientras están verdes al final del cultivo, cuando tiene un 50 % de tallos doblados. El producto se trasloca al ápice vegetativo e inhibe la división celular. En bulbos almacenados suprime el crecimiento de brotes y raíces. La tasa de respiración es mucho menor en los bulbos tratados.

Sistemas de almacenamiento

Cuando en la recolección el cuello no está suficientemente seco, se debería someter el bulbo a una operación de curado. Su propósito es secar el cuello y sellarlo, para prevenir la entrada de enfermedades y producir escamas exteriores enteras, bien coloreadas y secas. En el almacenamiento se ventila con aire a 20-25 ºC y 25-35 % de humedad relativa.

Se utilizan dos sistemas de almacenamiento:

- Refrigeración: temperatura de 1 a 3 ºC y humedad relativa de 65 a 75 %.
- Almacenamiento a temperatura ambiente (22 a 32 ºC) con ventilación forzada que previene la brotación.

El primer sistema se utiliza en países templados y el segundo en regiones tropicales, donde la refrigeración sería muy cara.

Una alta humedad relativa y elevada temperatura favorecen las enfermedades (*Aspergillus*).

Para mantener flexible y elástica la piel de los bulbos, que es la principal barrera frente a las pérdidas de agua y las enfermedades, se mantiene una humedad relativa del 65-70 %.

En el sistema con refrigeración, después del curado se baja la temperatura hasta 3-5 ºC y se mantiene una humedad relativa del 75-85 %. Si el almacenamiento es de muy larga duración se conservan los bulbos a -1 ºC y 75-85 % de humedad relativa.

Después del almacenamiento los bulbos deben adaptarse paulatinamente a la temperatura ambiente, evitando que haya condensación y que se rompa la cáscara externa por la baja humedad.

Las pérdidas que se producen por brotación, pudrición y las pérdidas de peso se deben fundamentalmente a un curado deficiente, malas prácticas de cultivo y manipulación y condiciones de almacenamiento inadecuadas.

3.10. Plagas y enfermedades

Trips (*thrips tabaci*). Es la plaga más importante y difícil de controlar. Produce picaduras y deformación de las hojas. Se combate con acrinatrin, cipermetrin, deltametrin y azadiractin.

Mosca de la cebolla (*Chortophylla antiqua*). Produce galerías en los bulbos. La mosca de la cebolla se siente atraída por los compuestos sulfurados que desprende la cebolla. Las variedades más aromáticas y picantes son más propensas a sus ataques. Se combate con tratamientos con clorpirifos.

Nematodos (*Dityenchus dipsaci*). Atacan el bulbo y la raíz. Antes del cultivo debe desinfectarse el suelo con dicloropropeno o metam sodio.

Mildiu (*Peronospora schleideni*). El hongo se localiza preferentemente en las hojas exteriores, las más viejas. Las plantas pierden superficie foliar con la consiguiente pérdida de rendimiento. Las consecuencias son más negativas cuanto más joven sea la planta. Materias activas autorizadas: azoxistrobin, benalaxil, clortalonil, mancoceb y productos cúpricos. La mejor estrategia, según experimentos realizados en el Centro de Experiencia de Cajamar en Paiporta, es la de utilizar alternativamente oxicloruro de cobre y azoxistrobin

cada 14 días y con la aparición de los primeros síntomas en un caso sustituir el oxicloruro de cobre por metalaxil-M y mancoceb alternando cada 7 días y en el otro por el benalaxil y mancozeb. Aunque su evolución y control depende de las condiciones climáticas durante su cultivo.

Carbón de la cebolla (*Urocystis cepulae*). Produce pústulas carbonosas en las capas exteriores de la cebolla. Se transmite por el suelo. Se controla con desinfección de suelo y de la semilla.

4. Composición

Se considera a la cebolla como un alimento con excelentes propiedades nutritivas y medicinales. Apenas aporta proteínas, grasas e hidratos de carbono. Tiene muy pocas calorías. Su valor alimenticio estriba en que es rico en fibra, flavonoides, potasio y compuestos azufrados.

Es diurética y ayuda a eliminar toxinas y líquidos. Está indicada en casos de obesidad y retención de líquidos, disuelve el ácido úrico, responsable de la gota y actúa eficazmente contra la artritis y el reuma.

Por su contenido en aliina y alicina contribuye a la reducción de la tensión arterial y tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Por sus compuestos ricos en azufre es un antibiótico natural; tiene acción bactericida.

Otros componentes como los flavonoides y quercitina ayudan en la prevención de enfermedades coronarias y del cáncer.

Tabla 6. Composición nutritiva de la cebolla (por 100 g de producto fresco)

Agua	86-90 %	Inositol	90 mg
Prótidos	0,5-1,6 %	Vitamina C	9-23 mg
Lípidos	0,1-0,6 %	Vitamina E	0,2 mg
Hidratos de carbono	6-11 %	Fósforo	27-73 mg
Cenizas	0,49-0,74 %	Calcio	27-62 mg
Valor energético	20-37 cal	Hierro	0,5-1,0 mg
Vitamina A	Trazas	Potasio	120-180 mg
Vitamina B1	0,03-0,05 mg	Azufre	61-73 mg
Vitamina B2	0,02 mg	Magnesio	16-25 mg
Factor PP	0,1-0,2 mg	Iodo	0,03 mg
Vitamina B6	0,063 mg		

Fuente: Maroto (2002), según Gorini (1975).

5. Importancia económica y distribución geográfica

Se trata de un cultivo muy extendido por todo el mundo. Entre las hortalizas, solo los tomates y las coles superan en producción a la cebolla. El cultivo se extiende desde las regiones subárticas de Finlandia hasta los trópicos, aunque se adapta mejor a las zonas subtropicales templadas.

Tabla 7. Producción de cebolla seca en el mundo, Europa y España. En toneladas

	Mundo	Europa	España
2012	82.851.732	6.051.692	1.187.100
2010	78.865.614	5.691.702	1.105.131
2005	65.685.257	5.496.064	1.006.051
2000	49.946.477	5.337.040	959.731
1990	30.600.791	4.102.104	1.100.800

La producción mundial de cebolla supera los 80.000.000 t. Desde 1990 la producción casi se ha triplicado y la de Europa (6.000.000 t) ha crecido un 50 %.

El principal productor de cebollas es China que aporta el 27 % del total, seguida de la India, con el 20 %. El resto de países no tienen, ni de lejos, la misma importancia. EEUU produce el 4 %, Irán el 3 % y Rusia, Egipto, Turquía, Pakistán y Brasil, cada uno, el 2 % del total.

En Europa, la mayor producción se obtiene en la Federación Rusa, el 34 % del total continental, le siguen Holanda con el 22 %, España con el 20 %, Polonia con el 11 %, Alemania con el 8 % y el Reino Unido con el 6 %.

Fuera de Europa, países como China y Nueva Zelanda están incrementando la producción.

Tabla 8. Producción de cebolla tierna en el mundo, Europa y España. En toneladas

	Mundo	Europa	España
2012	4.342.135	295.956	45.000
2010	4.170.890	258.729	45.000
2005	3.776.343	162.931	21.704
2000	3.396.489	149.393	34.067
1990	2.509.379	170.780	34.773

La producción de cebolla tierna (y chalota) en el mundo viene a ser un 5 % de la de cebolla seca. Lo mismo sucede con la producción europea (5 %) y en España apenas llega al 4 % aunque los datos no son muy fiables. La superficie y producción de cebolla tierna, al menos en algunos lugares, está confundida con la de cebolla seca.

En España se dedican anualmente al cultivo de cebolla entre 22.000 y 23.000 ha. La producción se mantiene, con altibajos, sobre 1-1,3 millones de toneladas (25.000 ha y 1.365.000 t en 2014). En los últimos años, el precio se ha situado entorno a los 20 a 25 euros/100 kg.

La región más productora es, con diferencia, Castilla-La Mancha, con 707.000 t. Dentro de ella son Albacete con 363.000 t y Ciudad real con 234.000 t las provincias con mayor producción. A Castilla-La Mancha le siguen en importancia Andalucía (Sevilla, Córdoba y Málaga) con 125.000 t, Castilla y León con 108.000 t y la Comunidad Valenciana (51.000 t).

Tabla 9. Superficie, producción y precio medio percibido por los agricultores en España

Año	Superficie (miles de ha)	Producción (miles de t)	Precio medio (euros/100 kg)
2002	21.9	1.034.2	14.70
2003	21.2	936.8	16.59
2004	22,2	1.030.4	16,18
2005	21.5	1.006.1	15.85
2010	22.5	1.105.1	24.78
2012	22.9	1.169.7	20.13

Tabla 10. Superficie y producción española de cebolla por comunidades

	Superficie (ha)	Producción (t)
Galicia	1.374	34.515
Aragón	813	21.694
Cataluña	1.109	38.328
Castilla y León	2.191	108.019
Castilla-La Mancha	10.564	707.291
Comunidad Valenciana	1.177	51.369
Murcia	781	35.145
Andalucía	3.262	124.595
España	22.867	1.169.721

Tabla 11. Producción española de cebolla tierna. Distribución por comunidades

	Superficie (ha)	Producción (t)
País Vasco	97	1.750
Navarra	41	1.207
Islas Baleares	40	1.004
Castilla y León	45	1.387
Comunidad Valenciana	19	570
Andalucía	540	15.096
España	820	21.675
Andalucía	3.262	124.595
España	22.867	1.169.721

Cebolla tierna (cebolleta) se produce en toda España y especialmente en Andalucía. Las estadísticas de esta modalidad de cultivo no están muy afinadas. En la Comunidad Valenciana se cultiva mucha más cebolla tierna que la reflejada en el cuadro, pero a efectos estadísticos, está incluida en el apartado de cebolla 'Babosa' (temprana).

La producción de chalota no está diferenciada de la cebolla tierna. Se cultiva algo en Castilla-La Mancha y Andalucía.

Tabla 12. Exportaciones mundiales de cebolla (2013)

	Cantidad (t)	Valor (millones de dólares)
Holanda	1.037.795	490
India	806.943	365
México	345.134	331
China	569.867	275
España	345.443	188
Egipto	306.190	185
EEUU	266.340	171
Nueva Zelanda	175.148	118
Francia	138.557	117
Perú	236.894	92

Las exportaciones mundiales de cebolla pasan de 3.000.000 t. El principal importador es la Federación Rusa (que es también el primer productor europeo) con 298.200 t. Le siguen Japón con 262.179 y EEUU con 216.201 t. Con todo, el 90 % de la producción de cebolla se consume en el país productor.

Los principales exportadores son Holanda, India, México, China, España, Egipto y EEUU. Chile, Australia (Tasmania) y Nueva Zelanda exportan cebolla a Europa de mayo a julio. Holanda, que produce 1.353.000 t, exporta 1.038.000 t y es también el primer importador europeo de cebolla de fuera de la UE. Perú es un gran productor y exportador de cebolla dulce.

Tabla 13. Importaciones extracomunitarias de la UE

	Cantidad (t)
Holanda	80.795
Reino Unido	58.771
Alemania	53.282

Los principales suministradores de estas importaciones son Nueva Zelanda, Australia y Chile. Los grandes importadores de cebolla europeos están incrementando rápidamente su producción. Por ejemplo, en Alemania aumenta a un ritmo del 5 % anual.

Tabla 14. Comercio exterior de cebolla España. En toneladas

	Importaciones	Exportaciones
1990	47.166	188.477
1995	30.251	269.373
2000	27.391	245.040
2005	56.461	308.269
2006	37.490	273.199

Tabla 15. Exportaciones españolas de cebolla (2006)

	Cantidad (t)
Mundo	273.199
UE	262.403
Reino Unido	89.767
Alemania	88.589
Portugal	21.537
Francia	19.021
Holanda	14.016

La práctica totalidad de la cebolla que exporta España va destinada a la UE y, dentro de ella, a dos países, Reino Unido y Alemania. También, una parte no despreciable, 14.000 t, va a Holanda, el principal exportador.

Puede decirse que en todas partes hay cebolla todo el año.

Los precios fluctúan grandemente de un año a otro.

El consumo per cápita de cebolla en España es de 17 kg/año. Los países más consumidores son Libia con 34 kg y Albania, Tayikistán, Uzbekistán y Argelia con más de 30 kg por habitante y año.

Tabla 16. Cebolla deshidratada (2013)

	Cantidad (t)
EEUU	105 / 110.000
India	40 / 50.000
China	13 / 14.000
Europa (España, Francia, Hungría, Bélgica, etc.)	15 / 17.000

La mayor producción de cebolla deshidratada corresponde a EEUU y le sigue en importancia, la India. Europa, en conjunto, apenas produce el 15 % de la que hace Estados Unidos.

5.1. Análisis de rentabilidad

La semilla y siembra viene a costar 3.600-3.900 euros/ha.

Los costes de producción, hasta el arranque vienen a ser de unos 10.000-12.000 euros/ha y los de arranque y carga al remolque de 2.500-3.500 euros/ha. La producción suele ser de 60-70.000 kg/ha, lo que supone que el coste medio es de unos 21-25 euros/100 kg.

5.2. Perspectivas

Las predicciones son difíciles dada la gran cantidad de factores técnicos y económicos que influyen en su desarrollo.

Hay continuas mejoras en el cultivo, recolección y almacenamiento. Se aprecia una tendencia clara al desplazamiento de las zonas de producción de cebolla tierna hacia zonas que permitan completar la realización de calendarios de producción y, especialmente la cebolla seca, a lugares de más fácil mecanización del cultivo. Es de esperar que sigan las mejoras técnicas en material vegetal, riego, mecanización y en organización comercial.

Referencias bibliográficas

Botanical online (2015): «Propiedades de las cebollas (*Allium cepa* L)».

Brewster, J. L. (1944): «Onions and other Vegetable Alliums»; CAB INTERNATIONAL

Casanoves, L. (2015): *Comunicación personal.*

Gutierrez, M.; Bruna, P. y Mallor, C. (2007): «Ensayos demostrativos de cultivares de cebolla de día corto. Análisis del picor o pungencia en cebollas tierna»; *Seminario de Tecnicos y Especialistas en Horticultura*. Almeria.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial* (5.ª ed.). Mundi-Prensa, Madrid.

Miguel, A. y López, M. (1987): *Cultivo de cebolla de día corto*. Generalitat Valenciana, Conselleria d´Agricultura i Pesca

Molina, S. (2015): *Comunicación personal.*

Montañana, V. (2015): *Comunicación personal.*

Muñoz, P.; Santos, O.; Ballve, A. y Matas, C. (2005): *Evaluacion de diferentes cultivares de cebolla Blanca Tardia de Lleida utilizadas para el cultivo de calcot.*

Ribera, A.; Salleres, B.; Taboada, A.; Iglesias, A. y Ribero, F. (2007): «Influencia de la fecha y profundidad de siembra en el peso y calibre de bulbos de cebolla en siembra directa»; *Seminario de Tecnicos y Especialistas en Horticultura.* Gijon.

Rivera, A.; Taboada, A.; Rivero, F. X.; Freijeiro, D. y Villar, L. (2011): «Mejora del proceso productive de cebolla en Galicia». *XLI Seminario de Tecnicos y Especialistas en Horticultura.* Gijon.

Sebastiá, A. (2015): comunicación personal.

Ajo

José Vicente Maroto Borrego
Universitat Politècnica de València

1. Introducción

Los ajos son plantas conocidas y utilizadas por el hombre desde épocas muy remotas, cuyo origen está ubicado principalmente en el centro y oeste de Asia. Conocidos por la civilización egipcia del Imperio Antiguo, donde a pesar de que a veces eran considerados como plantas impuras –en contraposición a lo que ocurría con la cebolla–, fueron utilizados ampliamente como plantas medicinales. En el papiro de Eberts (≈ 1500 a. C.), hay más de 20 citas en las que el ajo se empleaba para combatir numerosas enfermedades (afecciones cardíacas, infecciones por anélidos, procesos infecciosos debidos –tal y como hoy sabemos– a bacterias; cefaleas, tumoraciones…).

2. Taxonomía, descripción botánica y fisiología

Pertenece a la familia *Liliaceae* y su nombre científico es el de *Allium sativum* L.

A la luz de los últimos trabajos, se trata de una planta con una taxonomía complicada. Posiblemente la forma original del ajo es la especie *Allium longicuspis* Rgl. oriunda del centro y del este de Asia, de la que se conservan en la actualidad cultivares principalmente en Turquía y Armenia. Algunos autores distinguen dentro de *A. sativum* distintas variedades botánicas, como: *var. ophioscorodon* (Link.) Döll, que engloba aquellas líneas que forman un tálamo floral enrollado, que posteriormente se endereza dando una umbela normalmente estéril; *var. sativum* L., a la que pertenecerían muchos de los cultivares conocidos en Europa que no formarían tálamo floral alguno; *var. longicuspis* Rgl., a la que pertenecerían algunos cultivares como el tipo *Rocambole* o *Continental* (Al Zahim *et al.,* 1997). Para Sánchez Monge (1981), el tipo *Rocambole* pertenecería a la *var. ophioscorodon.*

Planta bienal de raíces muy numerosas blancas, fasciculadas y poco profundas; el tallo está representado, igual que en la cebolla, por una masa aplastada que se llama disco. El bulbo está formado por una serie de unidades elementales o «dientes», recubiertos cada uno de ellos por una túnica protectora de color variable, y todo el bulbo, a su vez, de túnicas exteriores que forman conjuntamente una capa envolvente y que suelen ser de color blanquecino. Cuando las condiciones para la formación de bulbos son las adecuadas, en las axilas de las hojas más jóvenes (las situadas en el centro) aparecen yemas que forman los «dientes». Periféricamente hay unas doce hojas estériles que rodean al bulbo y no forman «yemas» en sus axilas, pero lo contornean y envuelven. El número de «dientes» formado en cada caso varía entre 2-3 y hasta más de 10, según el cultivar de que se trate. Cada «diente» consta de dos hojas maduras y una yema vegetativa. Una de estas hojas, provista de una vaina cilíndrica, es la protectora, que se remata y queda abierta en el extremo, en una especie de resalte, mientras que la otra hoja es en realidad una vaina engrosada de sustancia de reserva y es precisamente en su interior y base donde existe una pequeñísima hojita que encubre el meristemo de crecimiento (Jones y Mann, 1963).

Una «cabeza» de ajos puede pesar entre 30 y 100 g, a veces hasta 200 g, estando constituida por 8-14 «dientes».

Las hojas del ajo son ligeramente acanaladas, casi macizas, y son sus partes inferiores las que constituyen el bulbo, como se ha indicado anteriormente.

La subida a flor puede producirse al segundo año de cultivo. La inflorescencia es en umbela, con flores monoclamídeas poco numerosas, con seis tépalos, seis estambres y un ovario plurilocular, del que surge un estilo filiforme rematado por un estigma. El fruto es una cápsula que contiene 1 o 2 semillas por compartimento. Es una especie que raramente florece en climas templados, pero sobre todo, aunque florezca, difícilmente forma semillas, si bien en la umbela aparecen numerosos bulbillos. En términos generales el genotipo al que pertenecen la mayoría de los ajos cultivados sería estéril, pero en distintas zonas asiáticas se han encontrado clones que forman tálamos florales fértiles (Brewster, 1994).

Una vez que han sido recolectados los bulbos, estos no pueden germinar rápidamente sino que sufren un período de latencia variable en función de la variedad y la temperatura de conservación. Esta latencia puede romperse sometiendo los bulbillos y «dientes» a temperaturas cercanas a los 7 °C. Cuando son más altas (mayores de 18 °C) o más bajas (0 °C), la latencia se prolonga. La irradiación con rayos γ alarga indefinidamente la latencia. Si se secciona la

tercera parte superior de los «dientes», el período queda acortado (Messiaen, 1974). En algunos experimentos la latencia de los bulbos de ajos se prolongó más intensamente con temperaturas de conservación comprendidas entre 0 y 30 °C, con una componente varietal importante en esta respuesta.

Figura 1. Trenzas de ajos

En un gran número de cultivares para que los bulbos emitan brotaciones se hace necesario un tratamiento con bajas temperaturas.

Los cultivares de otoño que forman bulbos grandes con pocos «dientes» y no poseen buenas condiciones para el almacenamiento, presentan una débil latencia, mientras que los de primavera y alternativos, con numerosos «dientes», pequeños bulbos y buenas condiciones para la conservación, presentan una latencia más acentuada (Espagnacq, 1989).

Para conseguir un crecimiento vigoroso de las plantas de ajo es necesario que las temperaturas nocturnas sean inferiores a 16 °C. El cero vegetativo del

ajo está en torno a los 0 °C y la aparición de cada nueva hoja requiere una integral térmica aproximada de 110 grados/día (Espagnacq *et al.*, 1987).

En la formación de bulbos del ajo se requiere, como en la cebolla, un fotoperíodo largo y un régimen térmico medio del orden de 18-20 °C. En condiciones de día corto (menos de 11 horas de luz) y temperaturas bajas (10-15 °C), las plantas de ajo permanecen verdes y no forman bulbos (Gorini, 1977).

En algunas experiencias realizadas en Francia se ha visto que la emisión de tálamos florales se ve favorecida en el ajo, tanto por la exposición al frío de los bulbos madres como por la combinación de días largos y temperaturas menores de 18 °C.

Kamenesky *et al.* (2004) publicaron un estudio exhaustivo de los diferentes efectos que la temperatura y el fotoperiodo tienen sobre los diversos estadios de diferenciación floral del ajo y los genotipos varietales.

Del Rivero y Cornejo (1969) constataron que una pulverización con hidracida maleica a la dosis de 6 l/ha del producto comercial del 30 %, 20 días antes de la recolección evitaba, durante un año, la brotación de ajos almacenados y mantenía la calidad comercial en un 65-67 % de los ajos almacenados.

3. Cultivo

3.1. Exigencias en clima y suelo

Planta rústica que, aunque no teme al frío, se desarrolla mejor en climas templados, adaptándose muy bien a la climatología mediterránea. Crece vigorosamente con temperaturas comprendidas entre 8 y 20 °C, debiendo ser las nocturnas inferiores a 16 °C.

En cuanto a suelos, se adapta bien a cualquier tipo de terreno, siempre y cuando no sea ni muy húmedo ni muy pesado. Se desarrolla mejor en aquellos medios o ligeros, sin excesivo contenido en caliza. Es una planta moderadamente tolerante a la acidez del suelo y aunque suele considerarse permisiva con la salinidad, se ha visto que existen distintos grados de susceptibilidad varietal, y una salinidad excesiva repercute en dificultades para el crecimiento de raíces y en un menor tamaño de los bulbos (Al-Safadi y Faoury, 2004).

3.2. Fertilización

Citando diversas fuentes, Gorini (1977) señala que para una producción de 10-14 t/ha las extracciones del cultivo son: 111-182 kg de N, 43-174 kg de P_2O_5 y 80-415 kg de K_2O, junto con 66 kg de calcio y 15 kg de azufre. Para cultivares de otoño, con unos rendimientos de 6-7 t/ha, en el sur de Francia se señalan las siguientes extracciones por hectárea: 150 kg N, 35 kg de P_2O_5, 150 kg de K_2O, 120 kg de CaO, 15 kg de MgO y 120 kg de SO_3.

El abonado nitrogenado siempre debe ser moderado, pues de lo contrario induce un desarrollo excesivo de las hojas en detrimento de los bulbos. A veces se fracciona en dos aportaciones iguales. En este caso, el aporte en cobertera debe ser precoz. El resto de los fertilizantes se aporta de fondo junto con la labor profunda.

Para rendimientos de 9-10 t/ha en Castilla-La Mancha con el cultivar 'Morado de las Pedroñeras' se recomienda una aportación de 100 kg de N, de la que al menos el 50 % debe aportarse en cobertera (López, B. *et al.*, 2004).

No es conveniente añadir estiércol inmediatamente antes del cultivo. A veces resulta conveniente la adición de azufre en el abonado de fondo.

El ajo puede resultar sensible a las carencias de cinc, boro y molibdeno; particularmente estos dos últimos elementos pueden tener una cierta influencia para una buena conservación.

3.3. Material vegetal

Existen principalmente dos grupos varietales de ajos:

- *Ajos blancos*. Rústicos, de buena productividad y conservación. Suelen consumirse secos.
- *Ajos rosados.* Poseen las túnicas envolventes de color rojizo; no se conservan muy bien, por lo que se suelen consumir más precozmente que los anteriores.

Entre los principales cultivares tradicionales en España pueden citarse:

- 'Ajo blanco común', de «dientes» blancos y cobertura plateada.
- 'Fino de Chinchón', ajo blanco.

- 'Pardo Rocambola o Murciano', de carne amarillenta y picante.
- 'Amarillo de Salamanca'.
- 'Ajo Canario', de gran tamaño, hasta 230 g por «cabeza».
- 'Rojo de Provenza', parecido al ajo *Murciano.*
- 'Ajo Redondo del Lemosín'. Puede originar «cabezas» muy grandes.
- 'Rosa temprano', variedad más precoz que el ajo común.
- 'Ajo Morado de las Pedroñeras' aceptado por la Comisión Europea como IGP (Indicación Geográfica Protegida, 2008).
- 'Morado de Banyoles', precoz y de «cabezas» grandes.

En los últimos 25-30 años el INRA seleccionó sanitariamente algunos clones como 'Thermidrome', 'Fructidor', 'Germidour', 'Rosa de Italia RO-24', 'Mesidrome', etc. En EEUU también obtuvieron cultivares mejorados sanitariamente, como: 'California Early', 'California Late', etc.

Como se ha señalado anteriormente, hay cultivares que adaptan mejor su ciclo a plantaciones otoñales, que suelen formar bulbos gruesos, con un número escaso de «dientes» y que presentan dificultades para su conservación, mientras que hay otros llamados alternativos, de plantación primaveral, que suelen formar bulbos más pequeños, con un mayor número de «dientes» y con mejores aptitudes para la conservación (Espagnacq, 1989).

Entre los cultivares mejorados sanitariamente, cultivados en España, que suelen dar rendimientos superiores a los obtenidos con los cultivares tradicionales pueden citarse: 'Cardos', 'Cristo', 'Sabadrome', 'Americano', 'Vigor Supremo' (de bulbo blanco); 'Mulvico', 'Moraun', 'Imam', 'Garcua', 'Moraluz', 'Morasol' (de bulbo rosado), etc.

En la cátedra de Cultivos Herbáceos y Horticultura de la ETSIA de Córdoba han llevado a cabo numerosos experimentos sobre algunos de estos cultivares y su potencialidad productiva (p. ej. Castillo y Cuesta, 1991; López *et al.*, 1996…).

En la actualidad existe un cierto interés por la recolección de material vegetal de ajos en sus zonas de origen, y en estudios del INRA francés incluso se hacen agrupaciones varietales peculiares, como cultivares otoñales del sur de Europa, rosados del sur de Europa, europeos de primavera, asiáticos precoces, subtropicales… (Chovelon, Leroux, 1998; Maroto, 2002; Simon, 2005; López B. F. J. y R. J., 2008).

3.4. Multiplicación

Lo más usual comercialmente es multiplicar el ajo a través de los «dientes», siendo por tanto una reproducción clonal.

En climas muy fríos la multiplicación suele hacerse en marzo. En Andalucía suele plantarse en octubre, mientras que en el interior de la Comunidad Valenciana se planta entre diciembre y enero. En cualquier caso, además de la zona de cultivo, en la fecha de plantación influye el cultivar.

Las modalidades de plantación son muy variables.

La plantación suele realizarse en surcos equidistantes 0,40-0,60 m, sobre los cuales se colocan dos líneas de ajos cada 10-15 cm. En términos generales puede decirse que en la mayor parte de las regiones españolas el marco de plantación medio es de 50 x 15 cm. En el rendimiento y el calibre de los bulbos puede haber influencia del marco de plantación y la dosis de riego (López Bellido *et al.*, 1996).

Esta operación puede hacerse a mano o a máquina. En este segundo caso los «dientes» de ajo deben estar muy bien calibrados, con el fin de conseguir una plantación lo más uniforme posible, puesto que, en caso contrario, la germinación es irregular, influyendo negativamente en los rendimientos. En experiencias llevadas a cabo en Francia, según que la disposición de los «dientes» fuera con la punta hacia arriba o hacia abajo, se encontraban rendimientos respectivos de cerca de 8.000 kg/ha y pesos de 69 g/cabeza, frente a rendimientos que no llegaban a alcanzar los 5.000 kg/ha y un peso unitario de 59 g/cabeza (Lyon, 1974).

Para conseguir los mejores resultados es preferible utilizar «dientes» grandes (más de 4 g), pero hay que tener en cuenta que una plantación, sobre todo si es de regadío, efectuada con «dientes» de ajo demasiado grandes, puede ocasionar problemas de cultivo, como consecuencia del desarrollo de podredumbres. Una práctica muy usual previa a la plantación, consiste en efectuar una desinfección en seco con algún fungicida.

3.5. Labores de cultivo

Entre las labores de cultivo cabe señalar las siguientes:

- *Riegos.* En la zona típica de producción de ajos localizada en el área más o menos circundante a Pedroñeras, San Clemente, etc. (Castilla-

La Mancha), es bastante frecuente regar antes de realizar la plantación –normalmente, a mediados de diciembre–, con el fin de que el terreno adquiera suficiente tempero. En el mes de abril, se suele dar un segundo riego y a continuación, otro en mayo, siendo muy frecuente el empleo de sistemas de aspersión.

- *Binas* y *escardas.*
- *Recalces* o *aporcados,* para delimitar las líneas de ajos en lomos.
- *Desyerbe químico.* Básicamente parecido al efectuado en la cebolla, con algunas diferencias relacionadas con el cultivar y el sistema de cultivo (mayor o menor aportación hídrica). En cualquier caso, hay que tener en cuenta, como en otros cultivos, que el empleo de herbicidas en un cultivo requiere un análisis previo más global que el de la simple selectividad de aquel, como pueden ser las condiciones de humedad del suelo y su regulación, la naturaleza del terreno, el cultivo siguiente en la rotación, la flora de malas hierbas, etc., por lo que antes de elegir un determinado plan de desyerbe químico es conveniente un estudio concienzudo en el que, además, deberán tenerse muy en cuenta las condiciones de aplicación que indiquen las firmas formuladoras de los herbicidas, en este caso muy influidas por el sistema de manejo utilizado en lo referente al riego (secano, regadío de apoyo, regadío total) (Maroto, 2002).

Figura 2. Labor entre líneas de ajos

3.6. Recolección

La recolección en España tradicionalmente se ha realizado a mano, o con una mecanización muy simple, consistente en extraer los bulbos una vez que las plantas están bastante secas, con una barra cortante, quedando depositados plantas y bulbos en el suelo que son cosechados posteriormente a mano o con una cinta transportadora. En grandes extensiones se está introduciendo la recolección mecanizada, que es bastante parecida a la indicada para la cebolla. Existen prototipos de máquinas ligeras, que hemos visto utilizar en Castilla-La Mancha, que después de recortar los tálamos florales, arrancan las plantas, las recogen y las alinean en manojos a gran velocidad.

La recolección suele hacerse a mediados de junio cuando el ajo es plantado en otoño y para aquellas plantaciones más tardías en julio. El momento de iniciar la recolección se suele asociar con la hipotética madurez de las plantas, lo que se produciría cuando, tras un período de crecimiento foliar y posterior engrosamiento de los bulbos, las partes aéreas comenzaran a desecarse.

Los rendimientos que se obtienen pueden variar entre 6 y 12 t/ha de ajos secos. En Castilla-La Mancha se considera una producción normal 10-12 t/ha de ajos en rama, equivalentes a 5-6 t/ha de cabezas. En algunas fuentes con el 'Morado de Pedroñeras', se habla hasta de 9-10 t bulbos secos/ha.

En climatologías en las que los ajos no pueden recolectarse suficientemente secos, bien se deja que los bulbos se sequen al sol unos días, bien se recurre al secado forzado de los mismos.

En España ha sido tradicional conservar y comercializar los ajos en ristras de 50 a 100 cabezas, trenzando entre sí las hojas. La tendencia actual, sin embargo, consiste en comercializar los ajos simplemente en «cabezas» sueltas, que una vez calibradas se reúnen en mallas, cajas, etc. En la clasificación y calibrado comercial de los ajos existe la costumbre en la zona de producción manchega, de considerarlos agrupados en las siguientes categorías: «Superflor», «Flor», primera y segunda.

En cualquier caso, para conservar los ajos es conveniente que estén suficientemente secos, siendo una condición imprescindible un buen local de conservación con una gran aireación para que acaben de secarse los bulbos. Durante la conservación, pueden resistir sin problemas temperaturas inferiores a 10 °C bajo cero.

El ajo seco se conserva de 0 a -1,5 °C y 70-75 % de humedad, pudiendo durar su almacenamiento en estas condiciones 6-8 meses.

En los bulbos destinados a plantación, las temperaturas óptimas de conservación con el cultivar 'Morado de las Pedroñeras' son 15-20 ºC en los meses previos a su plantación (López, B. *et al.*, 2006).

García Alonso (1990) ha desarrollado ampliamente los temas de recolección, conservación, comercialización, manipulación, secado e industrialización del ajo, por lo que recomendamos al lector interesado en dichos temas, la consulta de este trabajo.

Figura 3. Recolectora gavilladora de ajos

3.7. Cultivo de «ajos tiernos»

Es una modalidad de cultivo que se lleva a cabo en el litoral mediterráneo. Consiste en un aprovechamiento en verde de los ajos, cuando la formación de bulbos todavía es incipiente, en cuyo momento se recolecta. En realidad se trata de un cultivo normal de ajos en el que la recolección se ha adelantado. Sin embargo, en este caso es conveniente llevar a cabo una plantación más densa, como por ejemplo 750.000 plantas/ha.

3.8. Mejora genética

La mejora genética de los ajos y selección sanitaria se suele realizar a través del *cultivo de meristemos,* que ha permitido regenerar variedades virosadas. La aclimatación a las condiciones normales de cultivo de plantitas procedentes de este resulta bastante dificultosa. Los primordios de bulbillos procedentes de inflorescencias inmaduras de ajo pueden ser la base de partida para la obtención por micropropagación de plantas libres de virus (Ebi *et al.*, 2000).

Para controlar la pureza varietal se utilizan selecciones *clonales genealógicas,* de forma que se llega hasta 5-6 multiplicaciones previas, hasta la consideración de simientes de base y certificadas.

En las parcelas de multiplicación, que se instauran a suficiente distancia de otras parcelas del mismo cultivo, se controlan las posibles virosis, nematodos y *Sclerotinia.*

Entre los objetivos perseguidos en la mejora genética del ajo pueden citarse:

- Mayores rendimientos.
- Mejores condiciones de conservación.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Mayor contenido en materia seca, alicina, quercetina, etc.
- Mayor regularidad morfológica.

3.9. Accidentes, plagas y enfermedades

La mayor parte de los enemigos de los ajos ya han sido señalados en el capítulo relativo a las cebollas, pero entre aquellos de mayor incidencia específica en este cultivo pueden destacarse (Maroto, 2002):

3.9.1. Plagas

- El gorgojo de los ajos (*Brachicerus algirus* F.). Coleóptero que inicia su ataque en la primavera, ovoponiendo en las hojas de las plantas de ajos. Tras su avivamiento, las larvas penetran en el interior de los bulbos, donde permanecen hasta el final de su ciclo, causando graves daños a las «cabezas» atacadas, que quedan depreciadas comercialmente.

lnvernan como adultos de gran longevidad –hasta dos años– y suelen pasar el invierno resguardados en diversos escondrijos. Además de los tratamientos directos contra la plaga, como medida precautoria, en el caso de los ajos destinados a la exportación, se suelen fumigar previamente a su expedición en cámaras cerradas con productos especiales (como insecticidas incorporados en tabletas fumígenas) a partir del momento en que se produjo la prohibición del bromuro de metilo, que era, con anterioridad, el fumigante más utilizado en estos casos.

- Otras plagas que pueden tener una cierta importancia en el cultivo de los ajos pueden ser: *Hylemia antiqua* Meig, díptero cuyas larvas parasitan los «dientes» al germinar; el llamado «ácaro del disco» o *Petrobia latens* Müller, estudiado por Del Rivero y García Marí (1983), asociado a veces a ataques de nematodos y que produce decoloraciones en hojas que pueden confundirse con síntomas de sequía, pudiendo en ocasiones atacar también al cultivo de la cebolla. Del Estal *et al.* (1985) publicaron un inventario de las plagas más sobresalientes del cultivo del ajo en España señalando que, además de los artrópodos anteriormente indicados, pueden detectarse asimismo ataques de dos lepidópteros, un cósido *(Dyspesa ulula* Bkh) y una polilla *(Ephestia cautella* Walk).
- Entre los nematodos principalmente puede afectar *Ditylenchus dipsaci* Kuehn. Produce sobre todo crecimiento raquítico, hojas asimétricas, amarilleamientos, etc. A veces se manifiestan asociados a infecciones de *Sclerotinia cepivorum* Berk. La utilización de «simiente» libre de nematodos y la desinfección del terreno con nematicidas son los mejores medios de lucha frente a estos microorganismos. A veces es aconsejable la inmersión de los bulbos en latencia en agua caliente a 44,5 °C durante unas dos horas o simplemente la introducción de los «dientes», previa a su plantación, en una solución con un nematicida.

3.9.2. Enfermedades

Entre las enfermedades criptogámicas de mayor incidencia en el ajo pueden citarse: *Sclerotinia cepivorum* Berk, *Helminthosporium alli* Camp., *Puccinia porri* Sow, *Botrytis alii* Munn, *Penicillium* sp., *Fusarium oxysporum* Schrecht, *Fusarium proliferatum*, *Aspergillus* sp., etc., que pueden atacar no solo en

la fase de cultivo, sino también durante el almacenamiento (Galvez-Patón *et al.*, 2011; Palmero *et al.*, 2012).

Entre las virosis hay que destacar:

- *Mosaico del ajo (Garlic Mosaic Virus).* Carlavirus más frecuente en el ajo que en cualquier otro *Allium.* Se puede transmitir por pulgones.
- *Abigarrado de la cebolla.* Poco frecuente en el ajo.
- *Garlic Yellow Streak Virus.* Potivirus, frecuente en Nueva Zelanda.

4. Composición

Se suele utilizar como condimento y aromatizante. Posee una sustancia de gran poder bacteriostático que se llama alicina y que puede ser utilizada en farmacología como antibiótico, como desbloqueador del colesterol y con acción fungicida y nematicida. Como en la cebolla, el ajo contiene quercetina que puede prevenir las enfermedades cancerosas.

Desde siempre el ajo ha sido considerado como diurético, depurativo, antiséptico y estimulador del apetito. El aroma característico del mismo se debe principalmente a un aceite esencial constituído principalmente por una molécula polimerizada del sulfuro de alilo. Como se ha dicho anteriormente, posee un elevado contenido en una sustancia, la alicina, que junto con saponinas y esteroles, tiene un amplio poder bactericida; otros componentes farmacológicamente interesantes, son las quercetinas, por todo lo cual también se le atribuyen propiedades positivas para combatir el exceso de lípidos en sangre, algunas enfermedades fúngicas y en preparados vermífugos (Rabinowitch y Currah, 2002).

Culinariamente se emplea como condimento y aromatizante y en general resulta más apreciado en países con dietas alimentarias poco sofisticadas, entre otras razones como un encubridor de sabores.

Un derivado del ajo el DMSD (dimetil-disulfóxido) puede utilizarse en la desinfección de suelos, con un eficaz grado de control contra nematodos y enfermedades criptogámicas de origen telúrico (Maroto, 2008).

En la composición nutritiva destaca su alto poder energético (según diversas fuentes superior a 90 cal/g producto comestible), su elevado contenido en potasio, calcio y fósforo y concentraciones vitamínicas no despreciables.

Tabla 1. Composición nutritiva del ajo (por 100 g de producto comestible)

Contenido de agua	61 g	Vitamina C	9-10 mg
Prótidos	4 g	Calcio	10-24 mg
Lípidos	0,5 g	Fósforo	40-195 mg
Glúcidos	20 g	Hierro	1,7-2,3 mg
Tiamina	0,20 mg	Potasio	540 mg
Riboflavina	0,11 mg	Valor energético	98 cal
Niacina	0,7 mg		

Fuente: Fersini (1976) y Gorini (1977).

5. Economía del cultivo

Mundialmente, en el año 2013 se producían 24.255.303 t, habiéndose observado un incremento notable en los últimos años, cifrable en el 77 % y por continentes, sobre todo en Asia, donde se encuentran los grandes productores mundiales como la India y China, seguidos por otros países asiáticos o no, como la Republica de Corea y Egipto. En Europa, además de la Federación Rusa y España, son relativamente importantes (menos del 50 % de las producciones de los países anteriores) las producciones de Rumanía, Italia y Francia (FAO-Eurostat).

Tabla 2. Producción mundial de ajos. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%) 2003-2013
América	741.361	617.825	650.335	594.990	695.124	646.555	-12,79
Asia	11.792.282	13.147.182	18.244.565	20.176.537	21.029.448	22.180.896	88,10
Europa	747.710	801.438	750.791	764.345	773.809	815.002	9,00
África	402.808	497.855	437.835	496.386	567.936	611.275	51,75
Oceanía	1.480	1.480	1.550	1.600	1.407	1.575	6,42
Mundo	**13.685.641**	**15.065.780**	**20.085.076**	**22.033.859**	**23.067.724**	**24.255.303**	**77,23**

Fuente: FAO.

Tabla 3. Principales países productores de ajos. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
China	10.000.000	11.000.000	16.000.000	17.900.000	18.429.500	19.168.800	91,69
India	457.000	646.600	776.300	831.100	1.057.800	1.259.000	175,49
Rep. de Corea	378.846	374.980	347.546	357.278	295.002	412.250	8,82
Egipto	207.757	162.077	234.570	195.743	295.845	234.164	12,71
Rusia	219.570	257.280	249.047	227.270	233.498	232.843	6,04
España	170.161	136.400	151.674	154.587	140.762	173.600	2,02

Fuente: FAO.

En España la superficie y la producción de ajos ha variado ostensiblemente en los últimos 15 años, así en 1999 se cultivaban 28.965 ha que daban una producción de 178.074 t, en años sucesivos fue descendiendo paulatinamente, manteniéndose entre 2006 y 2011, entre las 15.000 y las 17.000 ha y entre 133.000 y 155.000 t (p. ej.: en 2007, 16.686 ha y 151.674 t; en 2010, 14.900 ha y 136.600 t y en 2011, 15.750 ha y 140.762 t) y posteriormente ha experimentado un claro incremento como lo demuestran los datos de 2013 cifrados en 17.500 ha y 188.800 t. El precio percibido por los agricultores ha variado en los últimos 10 años, entre 137 y 188 euros/Qm, siendo el intervalo más usual en este período el comprendido entre 130 y 160 euros/Qm (Ministerio de Agricultura-Anuarios de Producción).

Tabla 4. Producción y precio medio percibido por el agricultor en España

Año	Producción (miles toneladas)	Precio medio (euros/kg)
2003	170,2	0,79
2004	165,4	0,86
2005	136,4	1,03
2006	145,4	1,40
2007	151,7	1,32
2008	133,6	1,26
2009	154,6	1,21
2010	136,6	1,69
2011	140,8	1,88
2012	154,4	1,34
2013	188,8	1,17

Fuente: Magrama.

Por zonas de cultivo las más importantes están en Castilla-La Mancha y en Andalucía Occidental, y más concretamente en las provincias de Albacete (28 %), Cuenca (20 %), Córdoba (12 %) y Ciudad Real (7,9 %). Desde finales del siglo XX hasta la actualidad, la proporción de superficie en secano ha descendido desde un 15-20 % hasta un 6-10 % en los últimos años. Los rendimientos en secano suelen oscilar entre 4 y 6 t/ha, mientras que en regadío variaban entre 8 y 10 t/ha. La exportación se ha mantenido en general entre 45.000 y 65.000 t, aunque en los últimos años se ha incrementado notablemente (en las campañas de 2012, 2013 y 2014, se exportaron respectivamente 81.541, 98.467 y 124.475 t) (FEPEX). La producción destinada a la transformación ha estado comprendida en los últimos 15 años entre 1.000 y 2.000 t (Ministerio de Agricultura, *Anuarios de Producción*). Entre los países hacia los que va dirigida la exportación se encuentran Brasil, Francia, Alemania, etc.

Figura 4. Provincias más importante en el cultivo del ajo

En el mercado internacional, y sobre todo en el área de la UE, los productores españoles lamentan que en muchas campañas exista una afluencia excesiva de los ajos procedentes de China, tanto por vía directa, como canalizando su entrada en el mercado a través de países terceros que tienen acuerdos preferenciales con la propia UE, como Egipto, Turquía, Chile, etc.

También se registra una cierta corriente importadora, variable y comprendida aproximadamente entre las 6.000 y las 15.000 t en los últimos 15 años, siendo China, Argentina, Chile y Francia, algunos de los países suministradores.

Desde 2008 el «Ajo 'Morado de las Pedroñeras'» fue aceptado por la Comisión Europea como IGP (Indicación Geográfica Protegida), y en el año 2010 se constituyó la Asociación IGP-Ajo *Morado de las Pedroñeras*, en el municipio de Las Pedroñeras (Cuenca).

Existen en España una «Mesa Nacional el Ajo» y una «Asociación Nacional de Productores y Comercializadores del Ajo» (ANPCA), que se reúnen periódicamente para estudiar y analizar las distintas problemáticas que afectan al del sector español del ajo.

Referencias bibliográficas

Al Zahim, M.; Newbury, H. J. y Ford-Lloyd, B. V. (1997): «Classification of Genetic Variation in Garlic (*A. sativum* L.) revealed bay RAPD»; *HortScience* 32(6); pp. 1.102-1.104.

Al-Safadi, B. y Faoury, H. (2004): «Evaluation of salt tolerance in Garlic (*Allium sativum* L.) cultivars using in vitro techniques»; *Adv. Horl. Sci.* 18(3); pp. 115-120.

Brewster, J. L. (1994): *Onion and other Vegetable Alliums*. CAB Int. Wallingford. Oxon.

Castillo, J. E. y Cuesta, J. (1991): «Influencia del sistema de cultivo y el cultivar en la calidad de los ajos (Allium sativum)»; *HF* (2); pp. 46-49.

Del Estal, P. *et al.* (1985): «Las plagas del ajo en España»; *Bol. Soc. Port. Entl. III* 6(76); pp. 1-202.

Del Rivero, J. M. y García Marí, F. (1983): «El ácaro *Petrobia latens* Müller, una nueva plaga de los ajos»; *Agricultura* (616); pp. 822-824.

Del Rivero, J. M. y Cornejo, J. (1969): «Trials of Preharvest Sprays with Maleic Hydracide for Sprout Control of Garlic»; *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola* (31); pp. 71-78.

Ebi, M.; Kasai, N. y Masuda, K. (2000): «Small Inflorescence Bulbils are Best for Micropropagation and virus Elimination in Garlic»; *HortScience* 35(4); pp. 735-737.

Espagnacq, L. (1989): «Ail. Quelques donnnées sur la Physiologie»; *Fruits et Légumes* (68); pp. 46-49.

Espagnacq, L.; Morard, P. y Bertoni, G. (1987): «Determination du zéro végétative de l'ail *(Allium sativum)»; PHM, Revue Horticole* (275); pp. 29-31.

Fersini, A. (1976): *Horticultura práctica*. Edit. Diana (2ª ed.). México.

Gálvez-Patón, L.; Gil-Serna, J.; Bango, D. y Palmero, D. (2011): «La podredumbre del ajo causada por *Fusarium proliferatum»; Horticultura* (297); pp. 48-51.

García Alonso, C. R. (1990): «El ajo. Cultivo y aprovechamiento»; *Agroguías Mundi-Prensa*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Gorini, F. (1977): «La coltivazione dell'aglio»; *Universale Edagricole* (2ª ed.). Bologna.

Kamenetsky, R.; Shafir, I. L.; Zemah, H.; Barzilay, A. y Rabinowitch, H. D. (2004): «Environmental Control of Garlic Growth and Florogenesis»; *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. (129); pp. 144-151.

López Bellido, L.; Castillo, J. E.; Fuentes, M.; López, M. J. y Fernández, E. J. (1996): «Influencia del marco de plantación en el rendimiento y calidad de dos tipos de ajo (*A. sativum*)»; *Actas de Horticultura* (13); pp. 77-83.

López-Bellido, F. J.; Cabrera de la Colina, J.; Gómez del Castillo, F.; Recio Aguado, D. y Alía Robledo, J. M. (2004): «Fertilización nitrogenada en el cultivo del ajo «Morado de las Pedroñeras»; *Vida Rural* (187); pp. 56-60.

López-Bellido, F. J.; Cabrera, J. y Gómez del Castillo, F. (2006): «Temperaturas óptimas de conservación de los bulbos destinados al cultivo del ajo. *Vida rural* (230); pp. 42-45.

López-Bellido, F. J. y López-Bellido, R. J. (2008): «Clasificación de los distintos *cvs* de ajo a nivel mundial»; *Vida Rural* (275); pp. 22-27.

Lyon, M. (1974): «Mécanisation de la récolte et séchage de l'ail. Compte rendu des Journées Nationales de l'ail à Beaumont-Lomagne»; *Pepin. Hort. et Mar*. París; pp. 43-48.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Ed. Mundi-Prensa (5ª ed.). Madrid.

Maroto, J. V. (2008): *Elementos de Horticultura General*. Ed. Mundi-Prensa (3ª ed.). Madrid.

Messiaen, C. M. (1974): «Physiologie de l'ail. Compte rendu des Journées Nationales de l'ail à Beaumont-Lomagne»; *Pép. Hort. et Mar*. París; pp. 7-16.

Palmero, D.; De Cara, M.; Nosir, W.; Gálvez, L.; Cruz, A.; Woodward, S.; González, M. T. y Tello, J. (2012): «*Fusarium proliferatum* isolated from garlic in Spain: Identification, toxigenic potential and pathogenicity on related *Allium* species»; *Phytopathologia Mediterranea* 51(1); pp. 207-218.

Rabinowitch, H. D. y Currah, L., eds. (2002); *Allium Crop Science: Recent Advances*. CABI, Wallingford, U.K. 515 pp.

Sanchez Monge, E. (1971): *Diccionario de plantas agrícolas*. MAPA. Madrid.

Simon, P. (2005): «Realizing Value from Central Asian Allium Germplasm Collections»; *HortScience* 40(2); pp. 309-310.

Puerro

Abel Vidal Matas, José Sanjuan Gallach,
Juan Carlos Ferrándiz Hernández, M. Carmen Camañez Cuillas,
Pablo Muñoz Giner, Pilar Bartalomé Cerdán, Rafael Domene Rubio
y Susana Sanjuan Vidal
Cooperativa Agrícola Villena

1. Introducción

Se trata de una planta cuya procedencia se supone que radica en Europa y Asia Occidental, conocida desde hace muchos años. Su verdadero origen no se conoce, ya que nunca se encontró en su estado salvaje. No obstante, se cree que procede de tiempos muy antiguos, en las zonas de Mesopotamia o Egipto, unos 3.000 años a. C. Su nombre se asoció como «ajo de oriente» y era empleado ya para guisos de cocina y medicina. En torno a la Edad Media se extendió su cultivo en Europa.

2. Características botánicas

Perteneciente a la familia Liliaceae, su nombre científico es el de *Allium porrum L.* Planta bianual de raíces abundantes blancas, tallo en «disco», bulbo único membranoso de forma oblonga, hojas planas, pudiendo alcanzar los 40-50 cm de altura, abiertas hacia arriba, no unidas por los bordes e insertas en forma dística.

En realidad, los bulbos de las variedades actualmente cultivadas no son demasiado pronunciados, de ahí que algunos tratadistas hortícolas lo consideron una hortaliza aprovechable por sus hojas, y no por los bulbos

El tálamo floral suele ser emitido durante el segundo año de cultivo, produciendo umbelas de flores blancas o rosadas y semillas negruzcas con caras achatadas, parecidas a las de la cebolla, pero más pequeñas (400 semillas pesan un gramo) y con capacidad germinativa de dos años.

3. Cultivo

3.1. Requerimientos edafoclimáticos

El puerro puede desarrollarse en cualquier clima, aunque responde mejor en los suaves y húmedos. Resiste bastante el frío, sobre todo algunas variedades especialmente adaptadas al mismo. Su temperatura óptima media de crecimiento mensual es de entre 13 y 24 ºC (Knott, 1962).

En relación a los suelos, se adapta bien a terrenos de consistencia media, profundos, frescos y ricos en materia orgánica. No le convienen los suelos excesivamente alcalinos ni con cierto nivel de acidez. Tampoco soportan los suelos pedregosos, mal drenados y poco profundos, pues los bulbos no se desarrollan adecuadamente.

Una cosecha de 30 t/ha extrae 100 kg N, 60 kg de P_2O_5 y 120 kg de K_2O (Jacob, 1973).

3.2. Plantación

La elección de la parcela es determinante en el éxito final del cultivo. Su rotación anterior también es muy importante, debiéndose evitar la procedencia de cultivos de otras liliáceas (ajo, cebolla, etc.) durante al menos 3 años.

Antes de la plantación debe realizarse una labor profunda para asegurar un suelo suelto y esponjoso. Después se procede al asurcamiento, marcando las líneas y lomos del trasplante.

3.3. Material vegetal

Existen diferentes variedades de puerro que hacen posible su adaptación a las distintas zonas y épocas del año. Entre ellas, las variedades híbridas han desplazado en su gran mayoría a las estándar. Según el mercado al que vayan destinadas, pueden distinguirse entre variedades de consumo fresco y de industria.

Las características más importantes de las variedades más utilizadas actualmente se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características más importantes de las variedades más destacadas del puerro

Mercado en fresco					
Variedad	**Ciclo**	**Precocidad**	**Color hoja**	**Longitud caña**	**Tipo de planta**
Volta	Temprano	Muy precoz	Verde	Larga*	Muy erguido
Faraday	Temprano	Precoz	Verde azulado oscuro	Larga	Erguido
Duraton	Temprano	Precoz	Verde	Normal-larga	Erguido
Megaton	Temprano	Precoz	Verde	Normal	Erguido
Rally	Temprano	Precoz	Verde	Largo	Erguido
Jumper	Medio	Normal	Verde oscuro	Largo	Erguido
Pluston	Medio-tardío	Normal	Verde azulado	Normal	Erguido
Lexton	Tardío	Normal	Verde azulado oscuro	Largo	Muy erguido
Longton	Medio-tardío	Normal	Verde azulado	Largo	Muy erguido
Mercado de industria					
Variedad	**Ciclo**	**Precocidad**	**Color hoja**	**Longitud caña**	**Tipo de planta**
Kingston	Temprano-medio	Precoz	Verde	Muy larga	Muy erguido
Lincoln	Medio-tardío	Normal	Verde	Muy larga	Muy erguido
Margarita	Medio-tardío	Normal	Verde	Muy larga	Muy erguido
Bulgina	Medio-tardío	Normal	Verde azulado	Larga	Muy erguido

** Superior a 18 cm.*

Dentro del mercado de consumo en fresco, el comercio persigue entre las características más importantes del puerro: la precocidad, el calibre, la longitud de la caña y la uniformidad. Las distintas casas comerciales ofrecen variedades para diferentes ciclos de cultivo que se van renovando progresivamente campaña tras campaña.

3.4. Semillero

La siembra tiene lugar en semillero sobre bandejas de poliestireno expandido, normalmente de 384 alveolos, aunque puede variar dependiendo de la forma de trasplante (manual o máquina). Las plántulas se mantienen en el semillero unos dos meses, hasta alcanzar una altura aproximada de 15 a 20 cm y tener 2 o 3 hojas robustas para posteriormente ser trasplantadas en la zona de cultivo.

El objetivo último es conseguir tener una planta con calibre y sanidad adecuados en el momento del trasplante, ya que esta fase del cultivo es fundamental para el óptimo desarrollo final del puerro.

3.5. Trasplante

Aunque era un cultivo en el que se utilizaba la siembra directa, en la actualidad se tiende a utilizar planta de semillero, la cual es trasplantada en el campo de forma manual o mecanizada, en función de las condiciones de cultivo.

El trasplante tradicional es manual, realizado por cuadrillas de operarios que se cargan varias bandejas y sitúan los puerros en el surco con una herramienta específica.

El método más utilizado de trasplante es con maquinaria especializada, plantadoras, como la «Gregorie Berson», y/o punzoneras adaptadas. Estas se utilizan dependiendo de los tipos de suelo y condiciones de cultivo, con el fin de mejorar los rendimientos y los parámetros de calidad del puerro.

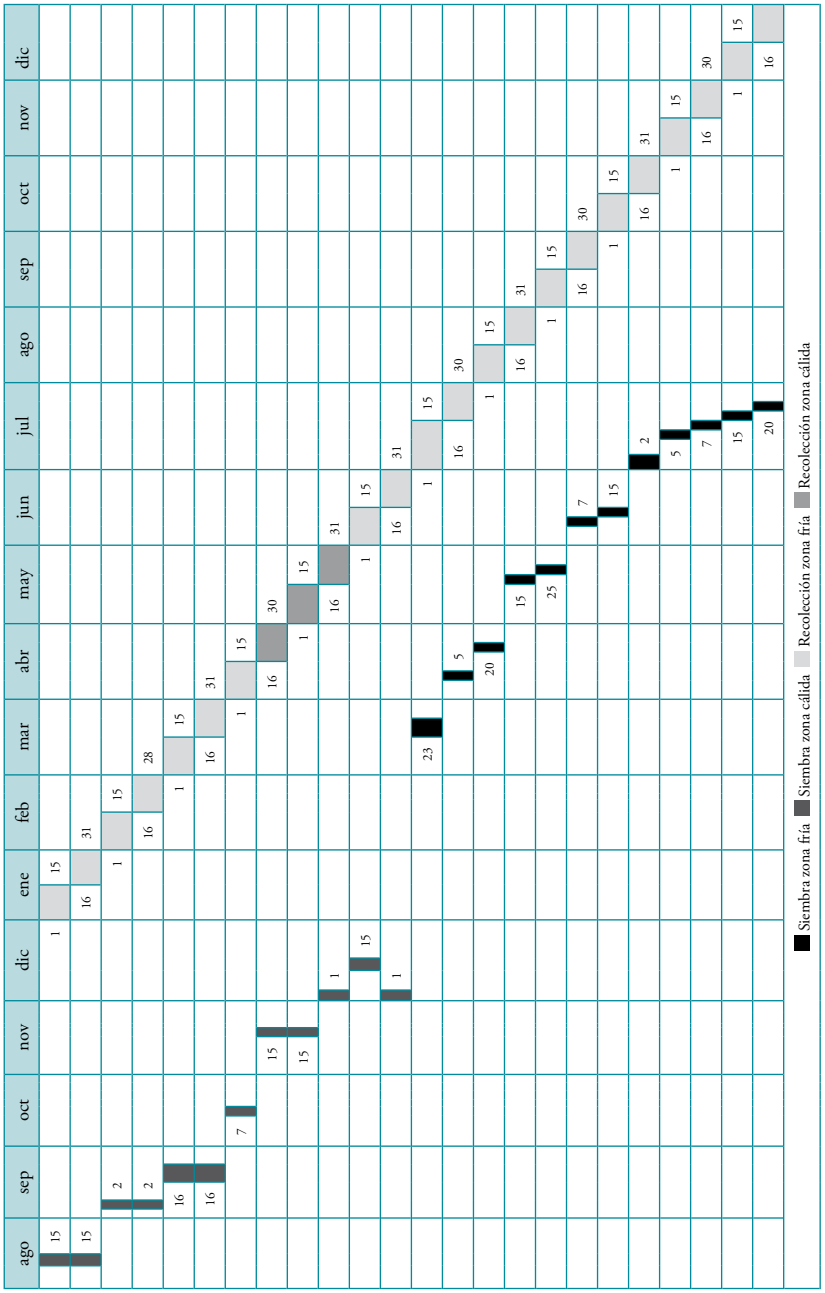
La fecha de trasplante varía en función de la zona de cultivo y la época de recolección. A continuación, en la Tabla 2 se muestran, a nivel orientativo, las fechas aproximadas de trasplante:

Tabla 2. Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección

Quincena recolección		Puerro	
		Fecha de siembra	Ciclo (días)
01-ene	15-ene	15-ago	145
16-ene	31-ene	15-ago	161
01-feb	15-feb	02-sep	158
16-feb	28-feb	02-sep	173
01-mar	15-mar	16-sep	172
16-mar	31-mar	16-sep	188
01-abr	15-abr	07-oct	182
16-abr	30-abr	15-nov	158
01-may	15-may	15-nov	173
16-may	31-may	01-dic	173
01-jun	15-jun	15-dic	174
16-jun	30-jun	01-dic	203
01-jul	15-jul	23-mar	106
16-jul	31-jul	05-abr	109
01-ago	15-ago	20-abr	109
16-ago	31-ago	15-may	100
01-sep	15-sep	25-may	105
16-sep	30-sep	07-jun	107
01-oct	15-oct	15-jun	114
16-oct	31-oct	02-jul	113
01-nov	15-nov	05-jul	125
16-nov	30-nov	07-jul	138
01-dic	15-dic	15-jul	145
16-dic	31-dic	20-jul	156

Zona cálida Zona fría

Tabla 2 (cont.). Fechas aproximadas de siembra según fecha de recolección



En algunas zonas de cultivo se pueden alcanzar densidades de plantación de 250.000 plantas/ha, aunque en la mayoría se encuentran entre 150.000-200.000 plantas/ha aproximadamente. No es recomendable exceder la densidad adecuada, ya que aumenta la sensibilidad a los problemas sanitarios.

En cuanto a la preparación del terreno para el trasplante existen dos modalidades:

- Cultivo en surcos.
- Cultivo en llano: profundizando 3-4 cm el puerro durante el trasplante; marcado previo con apero.

3.6. Labores de cultivo

El puerro es un cultivo que requiere bastantes labores a lo largo de su ciclo. Se realizan para el control de malas hierbas, la aireación del terreno y para aporcar, esta última labor en la fase de maduración del cultivo, para conseguir un blanqueado de la caña del puerro.

Su particular sistema radicular, muy superficial, hace necesarias estas labores para evitar problemas de asfixia. Lo ideal es realizarlas antes de que las líneas se cierren, momento a partir del cual podría dañarse en exceso la masa foliar, acarreando importantes problemas sanitarios relacionados con las lesiones producidas. Pueden llegar a realizarse 5 o más labores para el control de malas hierbas y la aireación del terreno, además de la final de aporcado.

En el caso del cultivo en lomos de trasplante, si el manejo del riego es el apropiado puede reducirse la necesidad del número de labores.

Una de las labores fundamentales es la técnica de blanqueado. Consiste en llevar a cabo un aporcado de tierra mediante una labor sobre las plantas, con el fin de eliminar el color verde de la base de las hojas del puerro y obtener el color blanco característico del producto, que es la parte que se consume. Suele realizarse un mes antes de la recolección.

3.7. Control de plagas, enfermedades y fisiopatías

Uno de los principales problemas del puerro es el control de malas hierbas. Aunque puede realizarse de forma química mediante la pulverización

de herbicidas, el puerro es un cultivo que agradece las labores mecánicas de control, ya que favorecen la aireación del terreno y el control es más efectivo.

Actualmente, las materias activas autorizadas para el control de malas hierbas en el cultivo de puerro en España son:

- Para el control de gramíneas anuales: fluazifop-p-butil.
- Para el control de malas hierbas anuales en preemergencia del cultivo sería pendimetalina y en postemergencia linuron.

Las principales plagas del puerro son similares a las de la cebolla, entre las más importantes están: trips (*Trips tabaci*), mosca de la cebolla (*Delia antigua*), polilla de la cebolla (*Acrolepia assectella*) y los nematodos. En los últimos años se han detectado problemas en distintas zonas de producción con una nueva plaga. Se trata de un psilido cuyo nombre científico es *Bactericera temblayi*. Aunque todavía está en fase de estudio, parece ser que causa graves daños en el cultivo, tanto directos, debilitamiento y picaduras alimenticias, como indirectos, vector de enfermedades.

En cuanto a las enfermedades más importantes podemos citar: mildiu (*Peronospora scheleideni*), roya (*Puccinia porri*), raíz rosada (*Phyrenochaeta terrestris*) y alternaria (*Alternaria porri*).

Por ultimo, reseñar que al cultivo de puerro no se le conocen fisiopatías específicas muy importantes, ya que están muy relacionadas con las del ajo y la cebolla. Entre las que se pueden comentar están:

- *Bulbos dobles y agrietados*: relacionados con variaciones bruscas de humedad en el suelo.
- *Subidas de raíz en las capas interiores del puerro*: provocadas por la falta de oxigenación en el suelo, que podría estar influenciada por la textura pesada, los excesos en el riego y/o una inadecuada labor en el suelo.

3.8. Manejo del riego

El riego es un factor de vital importancia para el buen desarrollo del cultivo. Hay que procurar que el gradiente de humedad del suelo se mantenga en buenos niveles y sin oscilaciones durante el crecimiento activo.

A modo de resumen, las particularidades a tener en cuenta en las fases del desarrollo del puerro son las siguientes:

1. Fase inicial: arraigue, fase crítica
    - Necesidad indispensable de agua.
    - Frecuencia elevada, volumen medio.

2. Fase de desarrollo
    - Incremento progresivo de la dosis de riego, desarrollo vegetativo fuerte.
    - Frecuencia mediana, volumen aumentando.
3. Fase de maduración: necesidades máximas
    - El cultivo alcanza la madurez.
    - Frecuencia mediana, volumen elevado.

4. Fase final: madurez comercial, riegos de mantenimiento
    - Final del ciclo del cultivo.
    - Frecuencia mediana, volumen elevado, disminuyendo al final.

Hay que prestar especial atención al manejo del riego una vez alcanzada la madurez fisiológica. El puerro es muy sensible a la asfixia radicular y en esta última fase sigue emitiendo raíces en la parte externa del disco (en la base del bulbo), muy cerca de la superficie del suelo. Es muy importante que no se produzca ningún tipo de estrés hasta que se recolecten, ya que las raíces crecen dentro de las capas externas del puerro, devaluando mucho el producto.

3.9. Fertilización

Un aporte racional y ajustado de los nutrientes que necesita el cultivo mediante la fertilización, favorece un desarrollo equilibrado del cultivo.

En el caso del puerro, como fertilización de tipo medio, para conseguir unos rendimientos aproximados de 35 t/ha, se requieren las siguientes

unidades fertilizantes: nitrógeno (205 kg/ha), fósforo (95 kg/ha) y potasio (245 kg/ha). Dichas cantidades se corrigen según las analíticas disponibles de suelo, agua y, en su caso, estiércol.

3.10. Recolección

La duración del ciclo de cultivo es de 120 a190 días. Hay que recolectar los puerros tan pronto como alcancen el tamaño idóneo.

La recolección es de tipo mecánica principalmente; los puerros se depositan en cajones o jaulas de 1.000-1.800 piezas de capacidad. Tras ello son llevados al almacén para proceder a la limpieza de las hojas del puerro, eliminando las hojas exteriores sucias y de coloraciones amarillentas y, también, limpiando las raíces y, si es necesario, recortándolas. Si la limpieza es mecánica se elimina la tierra adherida a la planta por medio de unos cepillos rotativos, que, a su vez, trabajan bajo una ducha de agua y, posteriormente, se procede con los mismos pasos a la eliminación de las hojas.

Figura 1. Recolección del puerro

3.11. Calendarios de producción

Los calendarios de producción son similares en la zona de Castilla y León, Alicante y Albacete con trasplantes de marzo a julio y recolecciones de julio a diciembre. En cambio, en la zona de Murcia y Andalucía, el ciclo es contraestación, realizándose los trasplantes de agosto a diciembre y las recolecciones de enero a junio. Este último ciclo es el más interesante desde el punto de vista de las exportaciones, ya que en esa época del año, los países productores europeos no pueden producir puerro debido a la climatología.

4. Propiedades nutritivas y compuestos del puerro

Planta apreciada como condimiento, ensalada, etc. Se consume en fresco tanto por su bulbo como por los tramos de hojas situadas sobre él, las cuales se blanquean.

Atendiendo a su composición química, el puerro posee muchos atributos medicinales, los cuales se concentran en el bulbo y en las hojas. Tiene propiedades hipotensoras, diuréticas y digestivas, por lo que es un muy buen alimento para las personas que padecen de presión arterial alta y sufren problemas de retención de líquidos. Además, los bulbos poseen propiedades hipocolesterolemiantes, que ayudan a reducir los niveles de colesterol en la sangre. Debido a esto, se recomienda su consumo a las personas que padecen problemas de colesterol.

Tabla 3. Composición nutritivas del puerro (por 100 g de parte comestible)

Agua	85,4 %	Sodio	5 mg
Prótidos	2,2 g	Potasio	347 mg
Grasas	0,3 g	Vitamina A	40 UI
Hidratos de C. totales	11,2 g	Tiamina	0,11 mg
Fibra	1,3 g	Riboflavina	0,6 mg
Cenizas	0,9 g	Niacina	0,5 mg
Calcio	52 mg	Acido ascórbico	17 mg
Fósforo	50 mg	**Valor energético**	**52 cal.**
Hierro	1,1 mg		

Fuente: Watt *et al.* (1975).

5. Economía del cultivo

5.1. Importancia mundial y europea

Por orden de importancia, los principales países productores mundiales, según datos oficiales de la FAO, son Turquía, Francia, Bélgica, Holanda, Polonia y Alemania. España ocupa el séptimo puesto en producción de puerro respecto al resto de países de nuestro entorno inmediato. Bélgica es el primer país exportador con 85.000 t, seguido de Holanda con 45.000 t, siendo España el quinto exportador con 7.500 t, tras China y Francia. Japón, Alemania y Francia, con alrededor de 35.000 t, lideran el *ranking* importador.

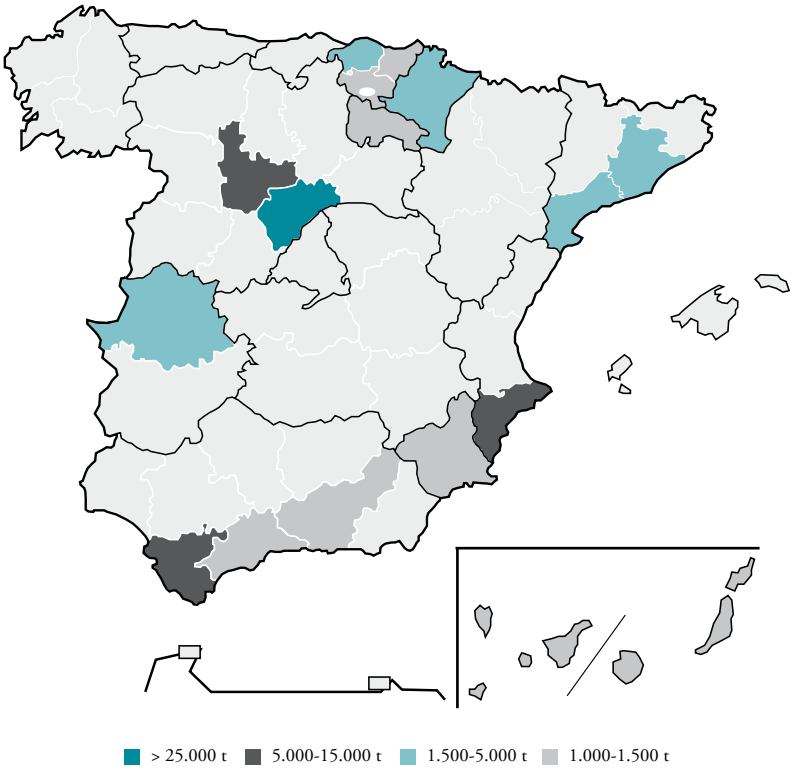
5.2. Cultivo en España, importaciones y exportaciones

Según datos de Fepex del año 2014, en España se exportaron 20.102 t de puerro, siendo los meses de abril, mayo y junio los que alcanzaron cifras más elevadas, ya que es la época más favorable para las recolecciones de las zonas cálidas, como suroeste de Andalucía.

En cuanto a las importaciones españolas de puerro, la cifra ascendió a 26.684 t durante el año 2014, siendo Portugal el primer país de procedencia de las mismas con 12.282 t.

En cuanto a su distribución por España, aunque se produce puerro en muchas provincias, actualmente existen dos polos claramente diferenciados. El primero abarca la zona noroeste de Segovia y sureste de Valladolid (más de 27.000 t en 2008 solo en Segovia), y el segundo incluye la zona norte de Cádiz extendiéndose a zonas del sur de Sevilla. Estos dos polos se complementan para suministrar puerro al mercado español durante todo el año, produciendo puerro en la zona más meridional cuando las condiciones climáticas son adversas para la zona norte: Segovia-Valladolid. En Alicante, en la zona de Villena, en el interior, también se produce puerro aunque en regresión, siendo por el contrario un polo importante de comercialización del puerro producido en otras zonas, tarea que también se realiza en Entrena en La Rioja, que en el pasado fue un lugar de importante producción de puerro. La distribución de las principales provincias productoras de puerro en España se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Distribución de las principales provincias productoras de puerro en España



Aunque su consumo es mayoritariamente en fresco, existen un número importante de empresas que realizan trasformación de esta hortaliza. La comercialización se puede realizar en manojos, a granel, colocando varias unidades en bolsas de polietileno, y estas a su vez en cajas, o directamente en cajas estandarizadas.

5.3. Costes de producción

En general, el puerro es un cultivo con elevados costes de producción por distintos factores. Es bastante exigente en cuanto a abonado y requiere bastantes tratamientos fitosanitarios por la dificultad de control de algunas plagas y enfermedades. Además, precisa diferentes labores de cultivo (escarda, aporcado, etc.), lo cual encarece mucho su cultivo. En la mayoría de los casos, requiere de maquinaria especializada para las labores de trasplante y recolección.

Referencias bibliográficas

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Jacob, A. y von ueskül, H. (1973): *Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropìcales y subtropicales*. México, Euroamericanas. 4.ª edición.

Knott, J. E. (1962): *Handbook for Vegetable Growers*. Willey $ Sons Inc. (Rev. Pr.). Nueva York-Londres-Sidney.

Watt, B. K. *et al.* (1975): «Composition of Foods»; *Agriculural hanbook* (8). Washington DC, U. S. Dep of Agric.

Servicio de Estadística, Estudios y Planificación Agraria: *Informe «El cultivo del puerro»*. Junta de Castilla y León, Consejeria de Agricultura y Ganaderia.

Páginas web:

http://www.magrama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal

www.infoagro.com

http://faostat3.fao.org/download/Q/QV/S

http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-anteriores/default.aspx

http://www.fepex.es/datos-del-sector/exportacion-importacion-española-frutas-hortalizas

Hortalizas aprovechables por sus hojas

Lechuga

Juan Antonio Marhuenda Berenguer[a] *y Juan García Vergara*[b]
[a]Ingeniero agrónomo y [b]director técnico de cultivos SAT Primaflor

1. Introducción

Los primeros vestigios de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) aparecen en las pinturas de las tumbas del antiguo Egipto (2500 a. C.), lechugas en forma de tallo, como las que actualmente siguen cultivándose en Egipto, muy parecidas a la especie *Lactuca serriola* L. y que se emplean para la extracción de aceite para cocinar. Todas las evidencias apuntan a que es un cultivo originario de la cuenca mediterránea.

Existen referencias escritas en tabletas cuneiformes mesopotámicas sobre la lechuga y su cultivo en regadío, que datan de mediados del III milenio a. C. En el antiguo Egipto era una planta sagrada que se asociaba al dios Min, deidad de la fecundidad y protector de las cosechas, por una lechuga y su conmemoración anual en procesión era una de las más celebradas (Maroto, 2014). Los primeros escritos sobre lechuga se atribuyen a Herodoto, quien menciona su presencia en las mesas reales de Persia (550 a. C.). Más adelante fue descrita por varios autores griegos, entre ellos Hipócrates (430 a. C.), que le atribuyó propiedades medicinales o Aristóteles (356 a. C.) que la menciona como un alimento popular en la época. La lechuga fue también muy popular en Roma, cultivándose distintos tipos y variedades. Columela (42 a. C.) describió 4 tipos. Todo parece indicar que los romanos introdujeron la lechuga en el resto de Europa. La lechuga romana, también conocida como «Cos», denominación que parece relacionada con la isla de Kos en el mar Egeo, se extendió por todo el Mediterráneo y parece haber sido el origen de múltiples tipos de lechuga, como las de hoja mantecosa y Batavia.

La lechuga llegó a China sobre el 600 d. C. y fue uno de las primeras verduras introducidas por Cristóbal Colon en el Nuevo Mundo. Pedro Mártir de Anglería menciono su presencia en la isla Isabela en 1494, sugiriendo que habría llegado en el segundo viaje de Colón.

A lo largo de los años se han seleccionado múltiples tipos de lechuga en todo el mundo, pero cabe resaltar la obtención en la década de los 40 de la primera lechuga iceberg, la variedad 'Grandes Lagos', que fue desarrollada por T. W. Whitaker. Esta variedad representó el inicio de la actual industria de ensaladas, dominando el mercado de EEUU hasta hoy en día. Las variedades de lechuga iceberg fueron introducidas en Europa al final de los 60 e inicio de los 70 y representan el núcleo de la producción de lechugas hoy en día, aunque gracias al desarrollo de la industria de las ensaladas preparadas, se han introducido y desarrollado una amplia gama de tipos de lechuga, con una gran diversidad de formas, texturas y colores, lo que Edward J. Ryder calificó como *The New Salad Crop Revolution*, incorporando además otros cultivos de hoja.

2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología

Según la taxonomía clásica, la lechuga se clasifica:

- Familia: Compositae (Asteraceae).
- Tribu: Cichoreae.
- Genero: *Lactuca.*
- Especie: *sativa* L.
- El número de cromosomas es 2n = 18.

Está estrechamente emparentada con la lechuga silvestre *Lactuca serriola* L. y menos próxima a la *L. saligna* L. y *L. virosa* L. Otros cultivos de la familia de las compuestas son la endivia, achicoria, alcachofa, girasol.

Tiene una raíz pivotante, que en todas las referencias bibliográficas consultadas, se describe como profunda, aunque hemos podido observar a lo largo de los años que varía en función del sistema de producción. Cuando se hace siembra directa se aprecia una raíz pivotante más profunda, pero cuando se recurre al trasplante, esa raíz pivotante casi desaparece y se divide en otras laterales. Con sistema de riego localizado y en función del tipo de suelo y manejo se puede dar un sistema radicular más superficial.

El tallo, en función de la variedad y su comportamiento, puede cambiar considerablemente, en la mayoría de las variedades comerciales es corto, apenas unos milímetros en el momento óptimo de cosecha, pero cuando inicia la etapa reproductiva se produce un alargamiento del mismo para dar lugar a la floración.

Las hojas pueden ser de múltiples formas, lanceoladas, oblongas, redondas y el borde, liso, lobulado, ondulado o dentado. La superficie es plana, rugosa o abarquillada. El color amarillento, verde claro, verde oscuro, rojizo o púrpura. Por su consistencia pueden ser más rígidas y crujientes o mantecosas.

Las flores están agrupadas en capítulos compuestos por 10 a 20 floretes amarillentos en racimos o corimbos. Es una planta autógama cuyas semillas son en realidad aquenios de color blanco, amarillo, marrón o negro, miden unos 2 a 4 mm de longitud y en su base se encuentra el vilano plumoso que facilita la diseminación por el viento. En un gramo hay unas 800 semillas y su capacidad germinativa es de 4 a 6 años.

Desde un punto de vista agronómico, en el ciclo de cultivo de la mayor parte de las lechugas podemos distinguir los siguientes estadios:

- Plántula.
- Formación de roseta.
- Crecimiento y formación de cogollo, más o menos compacto.
- Reproducción o emisión del tallo floral.

Las semillas de lechuga pueden presentar un período de latencia después de su recolección, que puede ser roto o acortado por diversos tratamientos físicos y químicos. La temperatura y la luz son factores que influyen directamente sobre la capacidad germinativa de la semilla de lechuga, entre 15 a 20 ºC son idóneas para la germinación; a partir de 25 ºC puede disminuir su porcentaje y la uniformidad de germinación en determinadas variedades, y por encima de 30 ºC se acentúan estos problemas. Las primeras horas después de la siembra y humedecimiento de las semillas son cruciales para su germinación; temperaturas por encima del óptimo pueden provocar termolatencia, en función de la sensibilidad de los cultivares y el tiempo que permanecen en estas condiciones.

Este fenómeno parece estar relacionado con la transformación del fitocromo activado a fitocromo inactivo por efecto de la luz y, en variedades termosensibles, se puede inducir la termolatencia con temperaturas altas (30-35 ºC) por causa de la enzima endo-beta-mananasa, responsable del reblandecimiento de las paredes del endospermo. Esta termolatencia se puede superar mediante tratamientos *priming*, como *thermocure*. Niveles adecuados de humedad, oxígeno y temperatura en el medio son esenciales para la buena germinación

de las semillas. Pequeñas raíces de 2-3 cm se forman previo al desarrollo de la parte aérea, que puede tardar entre 3 y 7 días en emerger, apareciendo en primer lugar los cotiledones cuyas reservas se emplean para las fases iniciales de desarrollo de la plántula. Las primeras hojas verdaderas aparecen inmediatamente y se inicia el proceso de fotosíntesis y desarrollo de la planta, con una raíz pivotante cuyo desarrollo en profundidad dependerá del tipo, preparación y humedad del suelo, disponibilidad de oxígeno y del drenaje. Esta raíz pivotante será mucho más evidente y desarrollada en plantas sembradas directamente, lo que le confiere una resistencia mayor a las condiciones adversas. En ese momento se produce un crecimiento foliar en roseta, con hojas insertadas en un tallo muy corto. Cuando estas empiezan a curvarse se inicia el acogollado; aparecen hojas que se abomban hacia el interior formando la cabeza y posteriormente, el desarrollo de las hojas interiores llena la cabeza, compactándose más o menos, en función de la variedad y las condiciones ambientales. La madurez comercial se alcanza en variedades acogolladas entre 60 y 120 días dependiendo del momento del año. La sobremadurez se manifiesta con el exceso de compacidad y la rotura de hojas exteriores. La vida útil de la lechuga es mayor cuando se cosecha en un estadio de madurez temprana.

El factor genético es determinante en la capacidad de acogollar de las distintas variedades de lechuga, pero en combinación con otros factores que pasaremos a describir. La relación entre luz y temperatura influye directamente en la formación del cogollo. Al final del verano cuando la duración del día se acorta y se mantienen altas temperaturas, el riesgo de subida a flor o espigado se acrecienta, además influye mucho la temperatura nocturna. Con fotoperíodos largos hay mejor comportamiento en el acogollado cuando las temperaturas no son excesivamente altas. Siempre hay que elegir las variedades adecuadas en cada momento del año y mejor adaptadas a las condiciones ambientales de ese momento. Cada una tiene unos requerimientos distintos en estos factores, en luz y temperatura, así como la diferencia entre la diurna y la nocturna.

Temperaturas elevadas en las primeras fases del cultivo, incluso en semillero, pueden favorecer la subida a flor; es el caso de los cultivos de otoño en zonas cálidas, cuando el semillero se lleva a cabo en pleno verano.

Según estudios realizados por Wacquant, la semilla de lechuga puede ser vernalizada por efecto de las bajas temperaturas; posteriormente, la incidencia de altas temperaturas en semillas vernalizadas favorece la subida a flor.

Hay otros factores que pueden favorecer la subida a flor como el estrés sufrido durante el desarrollo de la planta en el semillero, así como el manejo del riego y la fertilización durante el cultivo. Riegos copiosos y aportaciones excesivas de nitrógeno influyen negativamente en el acogollado de la lechuga.

3. Cultivo

3.1. Material vegetal

La especie *Lactuca sativa* L. se divide en 4 variedades botánicas:

- *L. sativa* var. *capitata* L. incluye a todos los cultivares que forman un cogollo compacto con sus hojas. La forma de sus hojas suele ser ancha y redondeada y su textura crujiente o mantecosa; p. ej.: iceberg, trocadero, etc.
- *L. sativa* var. *longifolia* Lam. Engloba a los cultivares de lechuga romana o cos, con hojas alargadas, oblonga, que tienen un porte erguido y, generalmente, las hojas interiores son amarillas y las exteriores verdes. Pueden acogollar o quedarse prácticamente abiertas.
- *L. sativa* var. *intybacea* Hort. Incluye a todos los cultivares con hojas abiertas, aunque en estado avanzado de madurez pueden formar un pequeño cogollo interior; p. ej.: lollos, hojas de roble, etc.
- *L. sativa* var. *augustana* Irish. Se cultivan por su tallo (que es lo único que se aprovecha) y las hojas son lanceoladas. Este tipo solo se produce en China.

Dentro de cada una de las variedades botánicas descritas se ubican los distintos tipos, que vamos a detallar a continuación. La evolución de distintas variedades y tipos de lechuga se debe, en gran medida, a cubrir las necesidades de la industria de procesado; por ello, se buscan distintas formas, texturas, colores, etc. De esta forma se producen nuevas clases de lechuga con mayor valor añadido. Además del objetivo mencionado, los programas de mejora buscan incrementar la resistencia a enfermedades, como *Bremia lactucae* en la que se acaba de incorporar la raza 32, Corky root (*Sphingomonas suberifaciens*), últimamente se acrecientan los problemas con Fusarium en determinadas zonas y esto sí que requiere una respuesta por la vía de la resistencia genética. También a insectos como *Nasonovia ribisnigri*, *Penphigus bursarius* (pulgón de la raíz),

Macrosiphum euphorbiae (pulgón de la patata) y por supuesto al virus del LMV, *Big Vein* y otras virosis. También se busca la resistencia a *tip burn* y otros desórdenes fisiológicos consecuencia del estrés ambiental, tradicionalmente ha sido la resistencia al espigado.

Dentro de cada tipo hay disponible una amplia gama de variedades para poder cubrir el ciclo completo de cultivo en las distintas zonas geográficas en todo el mundo, con sistemas de cultivo y condiciones del medio cambiantes.

Actualmente, podemos distinguir los siguientes tipos de lechuga y los cultivares más empleados:

- Lechuga iceberg: 'Zoliva', 'Mestiza', 'Vanguardia', 'Toscanas', 'Sumarnas', 'Alpinas', 'Patagonia', 'Lasiette', 'Rubola', 'Chavela', 'Enola', 'Cantola', 'Botiola', 'Oriola', 'Imela', 'AR-29240'.
- Romana: 'Mayoral', 'Auvona', 'Neruda', 'Lucius', 'Cervantes', 'Paspartu', 'Pinokkio', 'Xanadu', 'Xenalora', 'Astun', 'Baqueira', 'Formigal', 'Aitana', 'Alhama', 'Ovired'.
- Cogollos: 'Thumper', 'Olite', 'Baeza', 'Astorga', 'Blanes', 'Rosaine', 'Derby', 'Duende', 'Amible', 'Alborada', 'Hampole', 'Aneto', 'Cherry', 'Etna'.
- Trocadero: 'Almagro', 'Fabietto', 'Laruna', 'Laurencio', 'Hedonis'.
- Batavia: 'Emocion', 'Frisady', 'Serrana', 'Begoña', 'Estibaliz', 'Model'.
- Lollo: 'Cencibel', 'Wilbur', 'Carmesi', 'Linaro', 'Loka', 'Lea', 'Ilema', 'Vili'.
- Hoja de roble: 'Cornouai', 'Kiprien', 'Macai', 'Kireve', 'Trouvai', 'Mathix', 'Palmir'.
- *Multileaf*: 'Telex', 'Codex', 'Exfiles', 'Expedition', 'Barlach'.
- *Baby leaf*: 'Eztela', 'Ezra', 'Ezatrix'.

Hay una dinámica de obtención de variedades nuevas muy importante buscando ampliar tipos, colores y texturas pero, en cualquier caso, cuando se planifica el cultivo, hay que elegir las más adecuadas para cada ubicación y semana de plantación, aspecto esencial para tener un buen resultado.

Figura 1. Campo de ensayos con variedades de distintos colores y texturas

3.2. Planificación del cultivo

El primer punto a resolver en la planificación del cultivo es la ubicación, decisión que va a depender fundamentalmente de los parámetros climáticos de las distintas zonas de cultivo. El factor limitante en este caso son las temperaturas extremas que afectan al normal desarrollo del cultivo. El óptimo desarrollo se alcanza alrededor de 20 ºC durante el día y 15 ºC por la noche, aunque esto puede variar ligeramente en función de la variedad y la luminosidad, pero temperaturas por encima de 30 ºC afectan al cultivo y por debajo de 0 ºC se producen daños por frío, aunque por debajo de 7-8 ºC el cultivo se ralentiza y a 4-5 ºC se paraliza.

Tabla 1. Planificación anual de la lechuga según altitud sobre el nivel del mar

altitud (m)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
0	■	■	■									■
150-300			■	■							■	■
500-700					■					■		
1.000-1.100						■	■	■	■			

■ Período de recolección

Al margen de las producciones locales en distintas ubicaciones de España, los grandes productores de lechuga, ubicados en las provincias de Murcia y Almería, disponen de varias zonas, a distintas alturas buscando el clima ideal para el desarrollo del cultivo en cada momento del año. La cosecha de invierno (15 de diciembre al 10 de marzo) se debe ubicar en la zona más cálida posible; la costa de Murcia y Almería, libre de heladas. Desde el 10 de marzo a finales de abril, así como del 1 de noviembre al 15 de diciembre, la elegida es la zona ligeramente alejada de la costa, entre 150 y 300 m de altitud sobre el nivel del mar. El mes de mayo y el mes de octubre, se opta por una zona intermedia de transición, 500 a 700 m sobre el nivel del mar: Jumilla, Yecla, Cúllar de Baza. Finalmente, la cosecha de verano (1 de junio al 15 de octubre) se hace en una zona alta, 1.000 a 1.100 m sobre el nivel del mar, concretamente en el Valle del Marquesado del Zenete, próximo a Guadix y en la zona de Barranda, Archivel, La Puebla de don Fadrique, incluso en Albacete, aunque aquí las temperaturas del centro del verano son algo más extremas. En estas zonas altas, hay que tener en cuenta la incidencia de las tormentas de granizo; hay fincas especialmente expuestas todos los años. El ciclo de cultivo de la lechuga varía en función del tipo, cultivar, ubicación y semana de plantación. En el caso de la iceberg, varia entre 45 y 110 días, algo menos para los cogollos y otros tipos. La *baby feaf* es un cultivo muy corto, casi como un semillero, entre 5 y 9 semanas.

3.3. Semillero

En California la lechuga se siembra directamente, apenas se hace trasplante y así fue como se empezó aquí al principio de los 80. Actualmente, en España y en la mayor parte de Europa se hace trasplante, aunque se emplean distintos sistemas según el país. En nuestra zona lo más habitual es emplear la bandeja de poliestireno expandido de 294 alvéolos, aunque en algunos casos esto puede variar según tipos de lechuga y otros factores. En Inglaterra se emplea masivamente el taco de turba prensado de 4 cm y aparentemente en sus condiciones es el sistema más conveniente. Por ello que hay que tener una mente abierta en el momento de decidir el sistema a emplear en cada momento.

Disponer de la planta adecuada en todo momento y en la cantidad prevista en el programa de producción, no es tarea fácil. En función de la ubicación, se determina el tipo de invernadero a emplear. La lechuga no es un cultivo especialmente exigente en temperatura, pero si queremos un desarrollo óptimo,

se requiere de estructuras que cumplan estos requisitos. En la latitud en la que nos encontramos y no lejos de la costa, el invernadero ideal es un multitúnel, con buena ventilación y pantalla térmica. Pero en la última fase de desarrollo de la planta, para favorecer la aclimatación al aire libre, donde se va a plantar, se requiere una cubierta de malla.

Figura 3. Semillero de lechuga bajo malla, con ligero sombreo para el período de verano

La temperatura óptima de germinación de las lechugas esta entre 15 y 18 ºC, por lo que en verano hay que controlar especialmente la temperatura del cepellón una vez sembrado y previamente a introducirlo en la cámara de germinación.

Las cámaras son indispensables para lograr siempre una buena germinación, uniforme y vigorosa. Este es el primer paso para conseguir un buen cultivo, con la uniformidad y el rendimiento óptimo. Se suelen mantener las bandejas 48 horas en la cámara.

Las bandejas deben estar sobre soportes que permitan su manejo con agilidad, la mayor parte del gasto del semillero está en la mano de obra de mover bandejas.

El sistema de riego, ya sea con carros o con microaspersión debe funcionar con una uniformidad elevada, superior al 96 %.

En principio, parece mejor plantar una planta pequeña que una grande, pero eso va a depender de las circunstancias, y si plantamos con máquina se debe producir planta con buena raíz y hojas de tamaño proporcionado y textura fuerte. Esto requiere un manejo profesional.

La duración del ciclo de semillero es variable según el momento del año, la ubicación y las características del invernadero, pero puede variar entre 25 y 50 días. No se debería forzar el ciclo en un sentido u otro, ya que siempre repercute negativamente en el cultivo.

3.4. Siembra y plantación

La preparación del suelo es una labor esencial, y más en el caso de tener que realizar siembra directa. Uno suelto, con buena estructura y libre de piedras, en el que se puedan conformar buenas mesas de cultivo constituye el cimiento sobre el que se va a desarrollar un buen cultivo.

Las conformadoras con guiado GPS se han impuesto por su precisión, indispensable cuando queremos mecanizar y obtener el rendimiento y la calidad requeridas.

Los marcos de plantación pueden variar según tipo. En el caso de lechuga iceberg, es habitual cultivar en mesas, con un ancho entre surcos de 0,9 a 1 m. Se plantan 2 líneas de planta en cada mesa, separadas unos 30 cm y 28 y 30 cm entre plantas de la misma línea, en función del momento y el vigor de la variedad, lo que da una densidad teórica de 69.000 a 74.000 plantas/ha. Aunque en determinadas épocas del año y ubicaciones, se pueden plantar 6 líneas sobre una mesa de un ancho de corte de 1,8 m, plantando a 43 cm las plantas de la misma línea, obteniendo una densidad de 77.500 plantas/ha, lo que mejora la producción por hectárea.

Los cogollos se plantan en mesas de marco ancho, 180 cm entre surcos (140 cm de mesa útil), con 6 líneas por mesa, aunque también se podrían plantar en mesas de 8 líneas (aprox. 220 cm ancho) y 20 cm entre plantas de la misma línea, obteniendo unas densidades teóricas del orden de 166.000 plantas/ha en el primer caso y 181.000 plantas/ha en el segundo.

En los tipos 'Romana', 'Batavia', 'Lollo' y 'Hoja de Roble' se plantan 6 líneas en la mesa de corte de 1,80 m, separadas 37 cm, arrojando una densidad teórica de 90.000 plantas/ha.

La 'Romana' destinada al mercado español y el 'Trocadero' se pueden plantar en mesas de marco ancho a 43 cm entre plantas, obteniendo densidades del orden de 77.500 plantas/ha.

Las variedades *Multileaf*, de menos desarrollo que las anteriores, se pueden plantar al mismo marco que los cogollos.

La labor de plantar, físicamente muy penosa, ha sido reemplazada por la utilización de plantadoras, mejorando considerablemente el rendimiento de los trabajadores, de las 1.000 plantas/hora/persona, se pasa a las 2.500 plantas/hora/persona, mejorando al mismo tiempo el resultado en la plantación. Se han podido constatar incrementos en el aprovechamiento final, mejora de la uniformidad e incluso adelanto en algunos días de la cosecha respecto a la plantación manual.

La modalidad de *baby leaf* o 'brotes', como lo podemos llamar en español, está creciendo bastante por la demanda de la industria de procesado. En el sureste español podemos cultivarlas al aire libre, a diferencia de otras regiones más frías; no olvidemos que este cultivo es como un semillero. Se cultiva en mesa de marco ancho, de 1,8 o 2 m entre surcos, en la que se siembran 30 o más líneas, a una densidad muy alta, que puede variar según el tamaño requerido para cosecha, habitualmente 10 cm y hasta 12 cm en algunos casos, empleando 12 millones de semillas/ha, incluso más cuando el tamaño para cosechar se limita a 9 cm.

Figura 4. Plantadora autopropulsada de lechugas, observar la franja de humedad en la mesa, con la línea de goteo enterrada

Figura 5. Finca de lechuga iceberg en Pulpí, alta uniformidad por la eficiencia del riego y la buena preparación del suelo. Mesas rectas confeccionadas con maquinaria guiada por GPS

Figura 6. Cultivo de lechuga 'Trocadero' en mesa de 6 líneas, hay 3 líneas de riego enterrado en cada mesa

Figura 7. Cultivo de lechuga baby recién plantada*

* Observar la alta densidad de 150.000 plantas/ha

3.5. Control de malas hierbas

El control de las malas hierbas debería plantearse basando las estrategias en el respeto a las buenas prácticas agrícolas, enfocando el problema de la sostenibilidad y mejora del suelo en el que se va a cultivar. Cuando se establece una estrategia de control con herbicidas puede generar múltiples problemas que normalmente llevan a introducir rotaciones de otros cultivos como cereales. Actualmente apenas se dispone de herbicidas selectivos registrados en lechugas que permitan un buen control. Y con la reiteración del cultivo año tras año, empleando los herbicidas autorizados, la proliferación de malas hierbas esta garantizada. Se produce una selección con el tiempo, quedando fundamentalmente las compuestas y especialmente el *Senecio,* que puede arruinar el mejor cultivo.

La estrategia de control de malas hierbas debe considerar la rotación, alternando la lechuga con cultivos como brócoli y otras brasicas, o espinaca y también cereales y leguminosas.

Es importante mantener limpias las parcelas, y también los márgenes, para evitar la contaminación con semillas procedentes de las malas hierbas de

los rastrojos. Se deben mantener los suelos adecuadamente llevando a cabo las labores de gradas y otros aperos cuando sea necesario y conveniente.

La estrategia de aplicación de herbicidas varía en función del tipo de suelo, la época del año y las hierbas predominantes. Actualmente en España se dispone del tradicional propizamida, que puede ser aplicado sobre el cultivo, dada su buena selectividad; también y en función de la flora predominante, se puede aplicar benfluralina o pendimetalina, ambos se deben incorporar al suelo mediante una labor superficial previamente a la plantación. En el caso de la pendimetalina, la incorporación puede ser mediante el riego, previamente a la plantación.

Siempre queda el recurso de las máquinas escardadoras, que tradicionalmente limpian la hierba entre las líneas de plantas. Actualmente se dispone de modernas máquinas escardadoras automáticas, equipadas con sistemas de visión artificial y diseñadas específicamente para escardar entre las plantas de lechuga, respetando las mismas. Esto supone una inversión importante, que no siempre se puede recuperar. Básicamente conocemos las fabricadas por Garford y Stiketee.

3.6. Riego y fertilización

Dentro de los factores que controlamos, los dos que más influyen en el rendimiento y la calidad de un determinado cultivo son el manejo del agua y el abonado. Esto fue demostrado por Phene y colaboradores en 1990 a partir de ensayos realizados en zonas de clima árido o semiárido con un cultivo de tomate regado por goteo enterrado. Consiguiendo con este sistema el *máximo rendimiento económico* (MEY), que debería ser el objetivo para cualquier explotación agrícola.

Siguiendo con este razonamiento, el *uso eficiente del agua*, se define como el cociente entre el rendimiento y la unidad de agua evapo-transpirada. Esto implica rendimiento obtenido con producción comercializable por unidad de superficie en relación con el agua empleada.

La gestión del agua de riego está directamente relacionada con el sistema empleado. En EEUU el sistema de riego mayoritariamente utilizado en lechugas es por surcos y algo por aspersión; sin embargo, en el centro y norte de España, Reino Unido y parte de Europa, el sistema de riego empleado es la aspersión, con carros de riego, aspersión fija e incluso pivot. Los agricultores y empresas de

Murcia y Almería emplean mayoritariamente riego por goteo para el cultivo de lechuga y en una proporción significativa, riego por goteo enterrado.

Parece evidente que el riego por goteo enterrado es el más eficiente, seguido por el riego por goteo superficial, la aspersión y el riego por surcos, como el más ineficiente.

Diversos estudios demostraron que el riego por goteo incrementa la eficiencia en un 50 % respecto a la aspersión.

Las necesidades de agua son muy variables en función de la ubicación y el momento, hay que destacar el magnífico trabajo publicado por Luis Rincón sobre la fertirrigación de la lechuga. Pero en los últimos años, María Dolores Fernandez, de la Fundación Cajamar, ha llevado a cabo múltiples ensayos para determinar las necesidades de riego de lechuga iceberg, obteniendo los siguientes resultados:

Localidad	Ciclo	Duración ciclo (días)	ETc (mm)	ETo (mm)
Pulpí	Otoño-invierno	89	145	179
Pulpí	Primavera	65	236	262
Huéneja	Verano	48	233	298

La ETc osciló entre valores mínimos de 1,5 mm/día en invierno y máximos de 6,5 mm/día en verano. En la fase de establecimiento la ETc fue similar o superior a la ETo, por lo que Kc osciló entre 1 y 1,2 debido a la evaporación de agua del suelo. Durante la fase de crecimiento el patrón del Kc fue diferente entre ciclos de cultivo. En el ciclo de otoño-invierno, el Kc incrementó linealmente hasta el valor máximo de 1,1 al inicio del acogollado. En el ciclo de primavera en Pulpí, el Kc disminuyó desde valores de 1,1 de la fase de establecimiento hasta 0,8-0,9 al inicio del acogollado.

La aportación de agua se lleva a cabo con riegos cortos y frecuentes, para minimizar las pérdidas por percolación, entre 20 y 30'. Mientras que los aportes de fertilizantes minerales, se llevan a cabo en todos los riegos y variando la proporción entre N y K a lo largo del ciclo de cultivo y en función de la variedad, estadio fenológico, suelo, clima, etc.

La aportación de materia orgánica es muy conveniente en la mayoría de los casos, siempre que esté bien compostada y controlando el origen y procedimiento del compostaje, para evitar problemas de seguridad alimentaria. Generalmente, se hace una aportación de 1 a 5 kg/m^2 en función del estado

del suelo, hasta alcanzar un valor mínimo de 1 % de materia orgánica en los primeros 25 cm del perfil. Esta incorporación se realizará con una antelación mínima a la plantación de un mes, que será de mes y medio durante el período de noviembre a marzo. Para aquellas explotaciones situadas en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, el límite de aporte de estiércol será aquel cuyo contenido en nitrógeno no supere los 170 kg N/ha/año.

Figura 8. Bancada preparada para trasplante con lateral de riego enterrado

3.7. Plagas y enfermedades

La lechuga es un cultivo que se lleva a cabo mayoritariamente al aire libre, y por lo tanto está expuesto a sufrir plagas y enfermedades de diversa índole que pueden deteriorar el cultivo provocando pérdidas importantes de su valor comercial. Una plaga de orugas que afecte en un porcentaje significativo a una determinada parcela, hace inviable su aprovechamiento comercial, produciendo una importante pérdida económica. Pero una parcela que haya sufrido una infección de *Sclerotinia*, puede deteriorarse al punto que no pueda ser utilizada para el cultivo de lechugas en varios años. Con ello se pretende enfatizar la importancia de controlar adecuadamente las plagas y enfermedades para hacer viable y sostenible la explotación de una determinada finca.

Cada vez hay una mayor preocupación por los aspectos relativos a la seguridad alimentaria, con productos sanos y limpios, pero libres de residuos y esto obliga a establecer estrategias de control de plagas y enfermedades dentro de las directrices de lo que conocemos como producción integrada en la que

se contemplan aspectos fundamentales como rotación de cultivos, mantenimiento de la fertilidad de los suelos, protección del medio ambiente, pero condicionados por la sostenibilidad productiva y económica.

La gran distribución, a través de la que se vende la mayor parte de las lechugas y ensaladas, así como los productores de ensaladas preparadas son cada vez más exigentes en estos aspectos, imponiendo a sus proveedores prácticas que garanticen la seguridad alimentaría de los productos, libres de químicos y también de contaminación microbiológica.

3.7.1. Plagas

Las larvas de diversos lepidópteros provocan daños en las hojas de lechuga, habitualmente en el período estival y el otoño. Se pueden apreciar hojas comidas y excrementos de las larvas que han invadido la planta. En las fases iniciales de la lechuga los daños son más evidentes y una oruga puede afectar a varias plantas, pero en el período de formación del cogollo, hay que ser especialmente cuidadoso, ya que si se instala en el interior de la lechuga, resulta difícil su control, ya que en variedades como iceberg, puede haber varias hojas protegiendo a la oruga. Los más usuales son:

- *Spodoptera littoralis* (rosquilla negra).
- *Spodoptera exigua* (gardama verde).
- *Autographa gamma* y *Chrysodeixis chalcites* (camelleros u orugas camello).
- *Helicoverpa armígera.*

Spodoptera exigua es la más devoradora, mientras que *Helicoverpa* es la más problemática para detectar y controlar, por introducirse en el cogollo haciendo un agujero.

El empleo de trampas con feromonas es una herramienta esencial para detectar la presencia de adultos y activar las estrategias de control establecidas, pero siempre con el plan de tratamientos preventivos en los períodos de riesgo, dado que cuando se detecta un nivel de infección en cultivo, suele ser tarde y superando porcentajes del orden del 5 % cerca de la cosecha, puede conllevar pérdidas comerciales significativas.

Los pulgones son una plaga con una gran capacidad reproductora. En la salida del invierno, en zonas cálidas, cuando se dan temperaturas medias por

encima de los 15 ºC, empieza el período de riesgo en el que hay que monitorear intensamente su presencia. Se pueden ver individuos alados y ápteros. Las hembras producen las larvas sin necesidad de machos, formando colonias de pulgones, que clavan el estilete en las partes tiernas de la planta y empiezan a chupar. Cuando la temperatura baja, se puede dar una generación con machos y hembras, que dan lugar a los huevos, que pasaran el invierno.

Las especies que se pueden encontrar más frecuentemente en los cultivos de lechuga son:

- *Myzus persicae* (pulgón verde del melocotonero).
- *Nasonovia ribis-nigri* (pulgón rosado de la lechuga).
- *Aphis gossypii.*
- *Aphis fabae* (pulgón negro de las habas).
- *Macrosiphum euphorbiae.*

Cuando se encuentran un número reducido de pulgones en una lechuga, aunque no hayan producido un daño perceptible en la misma, la deprecian comercialmente, sobre todo si va destinada al procesado. Pero además, puede producir daños en las hojas y ensuciarlas de melaza y lo que es más peligroso, transmitir virosis como el LMV.

En la época de riesgo hay que realizar controles y activar un plan de tratamientos preventivos, sobre todo, en los últimos años con la proliferación de *Narsonovia*, que tiende a establecerse en las hojas interiores, donde es más difícil de controlar por medios químicos. El empleo de variedades resistentes ha supuesto un adelanto considerable en la lucha contra esta plaga, pero siempre combinado con el uso de aficidas. Uso que debe ser muy ponderado en las fases finales del cultivo para evitar la presencia de residuos en el producto cosechado.

Entre los trips, la especie *Frankliniella occidentalis* es la que viene afectando a este y otros cultivos desde finales de los 80. El primer síntoma de su presencia son las picaduras en hojas y su desarrollo esta muy relacionado con las temperaturas altas. En zonas cálidas puede aparecer en la primavera y algo más tarde en las zonas altas de cultivo de verano, donde aparecen picos de población en pleno estío, durante el mes de Julio. El daño más importante viene como consecuencia de la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), ya que es el principal vector.

Las hembras adultas ponen los huevos en los tejidos vegetales tiernos, de los que salen las larvas neonatas o de primer estado que apenas se distinguen a simple vista. Luego evolucionan a un segundo estado, donde llegan a alcanzar 1 mm de longitud, siendo de color amarillento. Una vez finalizada la etapa larvaria pasan por dos fases ninfales, generalmente enterradas en los primeros centímetros de suelo o bajo la hojarasca, de las que salen los adultos.

La duración completa del ciclo biológico va a estar influida por las temperaturas y tipo de alimentación. Con temperaturas próximas a los 25- 30 ºC, pueden completar su desarrollo en unos 10 o 15 días.

Dado que está muy limitado el control por medios químicos, hay que establecer obligatoriamente una serie de medidas culturales. Es una plaga polífaga, por lo que hay que eliminar rastrojos de cultivo y malas hierbas tanto en las parcelas de cultivo, como en los campos circundantes, para evitar la proliferación en ese entorno y la propagación a partir de ese vivero. Incluso, en casos concretos, en los que la plaga se ha establecido en una finca concreta, hay que dejar un período en blanco, que puede ser de algunas semanas en el centro del verano en el que, además de dejar de cultivar, se deben mantener los campos limpios de rastrojos y malas hierbas.

Los minadores de hoja en lechuga son una plaga que puede producir daños importantes en los cultivos en determinadas épocas del año, cuando se dan las condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo, sobre todo en verano, y con el frío desaparecen.

Son varias las especies de Liriomyza que se pueden afectar a la lechuga: *Liriomyza trifolii, Liriomyza bryoniae Liriomyza huidobrensis, Liriomyza strigata.* Las dos primeras son las más frecuentes en el sudeste, mientras que *huidobrensis* puede aparecer ocasionalmente.

Pertenecen a la familia de los dípteros, los adultos miden entre 1,4 a 2,3 mm de longitud y realizan las puestas en el parénquima de las hojas, en cuyo interior se desarrollan las larvas, formando galerías en las hojas. Cuando finalizan la fase larvaria, forman pupas en el exterior de la hoja o en el suelo, hasta que vuelven a eclosionar, para dar lugar al individuo adulto. La duración del ciclo depende de la temperatura, pero se puede establecer en 16 días a 25 ºC, con lo que en pleno verano puede dar lugar a muchos ciclos y propagarse rápidamente por todo el cultivo.

Los daños inicialmente son por causa de las picaduras de los adultos en las hojas, principalmente las basales y cuando la planta es pequeña, pero posteriormente aparecen las larvas minando todas las hojas y deteriorando completamente el cultivo.

Además de proteger la fauna auxiliar, principalmente *Diglyphus isaea*, que tiene un nivel de eficacia alto en el control de la plaga, se deben llevar a cabo una serie de acciones culturales, que evitarán la proliferación de esta plaga, fundamentalmente, eliminar los restos de cultivos y establecer rotaciones y períodos de barbecho.

Las placas adhesivas amarillas permiten la detección de los adultos de minador y activar las estrategias de control que se hayan planificado. La aplicación de fitosanitarios se hace indispensable tanto en aplicación foliar, como por riego. También se emplean productos repelentes para los adultos, que pueden ayudar en las primeras fases. Proteger las plantas en las primeras fases de desarrollo con fitosanitarios larvicidas es recomendable para evitar la implantación de la plaga, lo que acarrearía un régimen de tratamientos muy intenso y costoso.

3.7.2. Enfermedades producidas por hongos

Son varias las enfermedades fúngicas que afectan a este cultivo y en función de las condiciones climáticas es el nivel de riesgo y por lo tanto de incidencia.

El mildiu, producido por el hongo *Bremia lactucae* ha sido la más extendida y de hecho, si no fuera por la disponibilidad de variedades resistentes a las distintas razas de este hongo, 32 reconocidas por ahora, resultaría imposible cultivar en determinados momentos. Con temperaturas alrededor de los 15 ºC y humedades elevadas, con la superficie de la hoja mojada un período del día, se produce la proliferación de la enfermedad. Con este nivel de riesgo hay que establecer estrategias combinadas de control, variedades resistentes y aplicación de fungicidas, para evitar la rotura de resistencias. Este problema se complica en el caso de cultivos como la *baby leaf*, con ciclos muy cortos y riego por aspersión, entonces hay que extremar las precauciones.

La podredumbre gris, producida por el hongo *Botrytis cinerea* es la enfermedad que más problemas poscosecha produce. Puede haber infectado una lechuga y aparecer al cabo de unos días, cuando la recibe el cliente o está en la estantería, provocando numerosas reclamaciones y pérdidas comerciales.

Cuando la temperatura aumenta un poco a la salida del verano 18 a 20 ºC y se da una elevada humedad ambiente, incluso provocada por exceso de riego y abonados nitrogenados, que dan lugar a tejidos muy tiernos, sobre los que se desarrolla la enfermedad. Hay que ser especialmente cuidadosos en el caso de que hayamos dejado un cultivo sin cosechar y llegue a pudrirse en el campo. Ese campo desarrollará la infección en el cultivo siguiente y los aprovechamientos serán muy bajos. El hongo permanece en el suelo en forma de esclerocios, más pequeños que los de *Sclerotinia* o en los restos vegetales. Una enfermedad muy parecida a la anterior es la podredumbre blanca y del cuello, producida por *Sclerotinia sclerotiorum y S. minor*. Se desarrolla en las mismas condiciones ambientales que la anterior, pero a partir de los esclerocios presentes en el suelo, que infectan las hojas basales y el cuello de las plantas. Con temperaturas superiores a 30 ºC y suelo humedecido, se destruye un elevado porcentaje de esclerocios.

En ambos casos, el control debe basarse en medidas preventivas, evitando cultivar parcelas infectadas en momentos de riesgo, combinando con el control químico. La rotación de cultivos es esencial para el mantenimiento sanitario del campo.

El oídio, producido por el hongo *Erysiphe cichoracearum* es una enfermedad que está siendo más evidente en los últimos años, afectando a cultivos en momentos con temperaturas elevadas y condensaciones en hoja por la mañana. El control es bastante complicado una vez que se ha establecido, desarrollando resistencia a los químicos con facilidad.

Hay otra serie de enfermedades fúngicas como estemfiliosis, antracnosis, septoriasis, cercosporiosis, rhizoctonia y pythium, que se presentan de forma más esporádica y en función de determinadas condiciones ambientales. Hace unos años que ha proliferado *Fusarium*, fundamentalmente en el centro del verano, obligando al abandono de parcelas.

3.7.3. Enfermedades producidas por bacterias

Siempre asociadas a condiciones de muy alta humedad permanente y presencia del patógeno. No son frecuentes, aunque en determinadas ocasiones se puede ver *Pseudomonas cichori* y más rara vez *Xantomonas* y *Erwinia*. Hay que prevenir la infección por las semillas y una vez instalada la enfermedad resulta muy complicado su control.

3.7.4. Enfermedades producidas por virus

El tradicional mosaico común de la lechuga es una enfermedad con poca relevancia actual, solo hay que tener muy en cuenta la sanidad de las semillas que se emplean. Sin embargo, el virus de las nervaduras gruesas (*big vein*), es una enfermedad que tiene una gran repercusión económica, afectando masivamente a cultivos, fundamentalmente a las lechugas tipo iceberg, sobre todo en pleno invierno, cuando se manifiestan los síntomas con toda su magnitud, ya que con temperaturas alrededor de 24 ºC no se manifiestan los síntomas. Puede llegar a impedir la formación del cogollo y dificultar claramente el desarrollo del cultivo. Se transmite por el hongo *Olpidium brassicae*, con lo que las medidas preventivas se basan en luchar contra este hongo, pero fundamentalmente, en el empleo de variedades más tolerantes.

El virus del bronceado del tomate (TSWV) es uno de los problemas más graves que se pueden presentar, sobre todo en cultivos de verano cuando prolifera el trips, que es el vector de esta enfermedad. En un momento determinado del cultivo de verano se observa presencia de trips en el cultivo y al cabo de algunos días aparecen plantas con síntomas de virus del bronceado y a partir de ese momento, el desarrollo de la enfermedad es difícil de parar, obligando a tomar medidas muy drásticas, incluso de destrucción de cultivo, para evitar su propagación.

La estrategia de control debe basarse en vigilar el trips y no hay agroquímicos eficaces, pero sobre todo en controlar los rastrojos, restos de cultivos, malas hierbas y todo aquello que pueda suponer una fuente de inóculo del virus.

3.7.5. Desórdenes fisiológicos

Los problemas de origen fisiológico más importantes en la lechuga son por orden de importancia, la «necrosis marginal» o *tip burn*, que se presenta asociada a determinadas condiciones ambientales como una necrosis del margen de las hojas, internas o externas, en función del factor que lo produce. Esta necrosis puede evolucionar a podrido y deteriora comercialmente la lechuga. Afecta tanto a iceberg como a romana y se observan diferencias de comportamiento según variedades, con lo que hay que seleccionar aquellas que sean más tolerantes.

Se asocia a la translocación del calcio en la hoja y se presenta por varios motivos, generalmente altas temperaturas y estrés hídrico o salino.

Otro problema fisiológico que tiene una gran repercusión económica es la «costilla o nervadura rosa» *pink rib*. Después de lluvias intensas y períodos nubosos, se puede desarrollar en lechugas un tono rosado que afecta a los nervios de las hojas basales y que acorta drásticamente la vida útil del producto, provocando reclamaciones de clientes, sobre todo, cuando hay varios días de transporte a destino. Hay que evitar suelos arcillosos y riegos que saturen el suelo y enternezcan el cultivo.

Por último mencionaremos, la «raíz pivotante gruesa» o *Corky root* que aparece esporádicamente en verano en algunos cultivos del interior, provocando el marchitamiento de las plantas afectadas. Se cree que está asociada a una bacteria *Rhizomonas suberifaciens*, pero no se ha podido demostrar fehacientemente. Hay que recurrir a variedades tolerantes y prácticas culturales para evitar la incidencia de esta enfermedad.

3.8. Cosecha y acondicionamiento

En función del tipo de lechuga y del destino se debe cosechar y preparar para su envío al cliente. En el caso de la lechuga que va a consumo en fresco, se introduce en bolsas de polipropileno micro-perforado, mientras que si se destina a procesado, directamente se dispone en una caja de plástico o cartón, para ser enfriada antes de enviar al destino. Hay múltiples formas de empaquetar el producto en función del tipo de lechuga, la romana puede ir individualmente o en corazones de 2 unidades por bolsa, los cogollos pueden ir en bolsas de 2, 3 piezas y en tarrinas de 6 piezas como corazones. El tema del empaquetado o *packaging* es muy dinámico y surgen formas nuevas continuamente.

La cosecha se debe hacer siempre en el punto óptimo de madurez, evitando que alcance la plena madurez o compacidad, ya que acorta la vida útil del producto. Es esencial disponer de personal especializado para que la selección y empaquetado sea el correcto.

Actualmente se emplean cosechadoras, que son plataformas autopropulsadas sobre las que trabaja un equipo de personas, para preparar el producto final y enviarlo a la central, donde se realiza el control de calidad, el registro en el sistema para su trazabilidad. Se enfría a 2 ºC en el tiempo más corto posible y se carga, formando parte de un determinado pedido. Generalmente se emplea el *vacum cooler* como sistema de enfriamiento más eficaz y específicamente desarrollado para este producto.

La vida útil media en condiciones normales es de 10 días, incluso en algunas ocasiones se ha enviado lechuga desde EEUU por contenedor con atmosfera controlada, llegando 25 días después al mercado en buenas condiciones. Pero cuando cosechamos en pleno invierno con humedades elevadas o lluvia y producto mojado, se pueden producir daños mecánicos que al cabo de unos días son manchas marrones e incluso pueden degenerar a podrido. Hay diferencias entre variedades y también en el proceso de acondicionamiento, pudiendo deteriorarse el producto y provocar reclamaciones de clientes con las consiguientes pérdidas económicas.

Figura 9. Cultivo de lechuga romana en EEUU*

* Observar la alta uniformidad y aprovechamiento.

Es indispensable trabajar en todos los aspectos del proceso, variedades, prácticas culturales (riego y abonado), punto de madurez, forma de cosechar, material de empaquetado, modo de enfriar, almacenamiento y transporte a destino, cada paso es esencial para el mejor resultado posible.

Figura 10. Cosechadora de lechuga iceberg en EEUU

Foto 11. Cosecha de lechuga *baby leaf*.
Para enviar a fábrica de procesado de ensaladas

4. Composición

La coloración, tanto en intensidad como en distribución, consecuencia del contenido en antocianos y clorofila, es un factor de calidad importante, además de mejorar el valor nutricional de las lechugas. La coloración roja va asociada al contenido en antocianos y polifenoles, que son compuestos muy beneficiosos para la salud. Esta coloración es más intensa en función de la variedad, pero también de la luz y de la temperatura. Altos niveles de radiación solar y bajas temperaturas, mejoran la concentración de pigmentos en las hojas de lechuga. Esto se hace evidente, cuando observamos la evolución de la pigmentación de una determinada variedad desde el otoño hacia el invierno, conforme bajan las temperaturas mejora la pigmentación, pero observamos lo contrario cuando comparamos un cultivo al aire libre con la misma variedad en invernadero bajo plástico. Otros factores como el exceso de riego o nitrógeno, también afectan negativamente a la pigmentación y por lo tanto a la calidad de las lechugas.

Los cultivos jóvenes, como *baby leaf* tienen un contenido muy superior de antocianos y polifenoles que la misma variedad cosechada en estado adulto.

Las lechugas se consumen por ser un alimento saludable, por lo que uno de los aspectos más interesantes de las mismas es su valor nutricional, potenciado por el hecho de que la lechuga es consumida a gran escala comparado con otros vegetales. Las propiedades anticarcinogénicas, contenido en vitaminas y minerales, así como el contenido en polifenoles y antocianos de las variedades coloreadas, hacen de la lechuga un alimento indispensable en la dieta.

Los valores nutricionales publicados por Rubatzky y Yamaguchi (1997) correspondientes a 100 g de producto fresco son los mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores nutricionales de la lechuga (100 g)

Tipo	Minerales					Vitaminas		Agua	Fibra
	Ca	P	Fe	Na	K	A (IU)	C (g)	(%)	(g)
Crisp	22	26	1,5	7	166	470	7	95,5	0,5
Butter	36	26	1,8	7	260	1.065	8	95,1	0,5
Romaine	44	35	1,3	9	277	1.925	22	94,9	0,7
Leaf	68	25	1,4	9	264	1.900	18	94,0	0,7

Fuente: Rubatzky y Yamaguchi (1997).

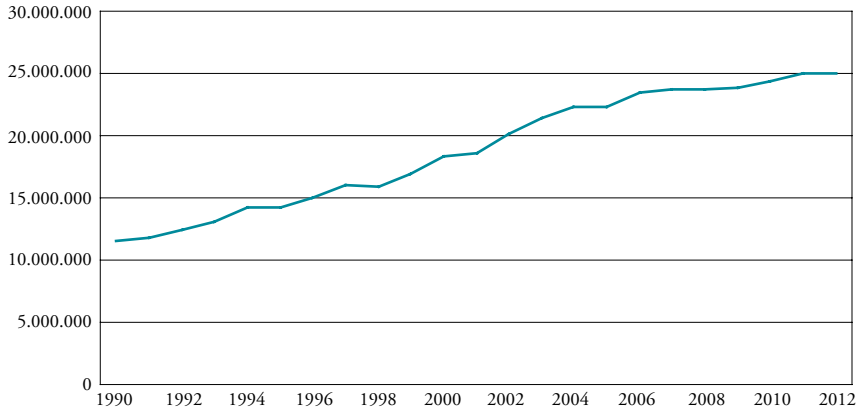
El contenido en vitamina C puede variar considerablemente, hasta 7 veces superior en una misma variedad cultivada como *baby leaf* que como adulta, de tal forma que 100 g proporcionan prácticamente la dosis diaria media recomendada. Los contenidos en antocianos de algunas variedades rojas cosechadas como *baby leaf* son comparables a las de frutos como arándanos y frambuesas (Moreno, *et al* 2014).

5. Economía del cultivo

5.1. Importancia del cultivo de la lechuga

Según los datos oficiales de la FAO, en los que vienen lechugas y escarolas agrupadas, en el mundo se cultivan 1.148.353 ha con una producción de24.896.115 t, producción que se ha casi duplicado en los últimos 20 años, tal y como podemos observar en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Evolución de la producción de la lechuga. En toneladas



Fuente: FAO.

Los datos de producción de lechugas y escarolas en los países más significativos (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie y producción por páises de lechugas y escarolas (2013)

	Paises	Superficie (ha)	Producción (t)	Producción (%)
1	China	570.250	13.504.800	54,24
2	EEUU	104.854	3.586.106	14,40
3	India	170.000	1.080.000	4,34
4	España	33.700	904.300	3,63
5	Italia	41.559	796.406	3,20
6	Irán	16.917	569.038	2,29
7	Japón	20.910	565.401	2,27
8	Turquía	17.800	436.785	1,75
9	México	18.374	381.127	1,53
10	Alemania	13.542	347.835	1,40
11	Francia	11.288	306.935	1,23
12	Australia	7.256	164.023	0,66
13	Grecia	6.075	131.657	0,53
14	Reino Unido	6.246	125.500	0,50
	Total	**1.148.353**	**24.896.115**	**100**

Fuente: Estadísticas Oficiales de la FAO.

China es el principal productor, seguido de EEUU e India. La diferencia entre Italia y España, puede ser debida en el detalle de que en Italia se produce mayoritariamente *baby leaf* y de ahí viene el menor rendimiento de la superficie cultivada.

En España, los datos publicados por el Ministerio de Agricultura relativos a la producción en nuestro país son los mostrados en la Tabla 4.

España, y concretamente Murcia y Almería disponen de las únicas zonas con el clima adecuado para la producción de lechuga en invierno al aire libre en Europa. Italia cultiva lechugas en invierno bajo plástico y solo alguna pequeña área muy al sur dispone del clima adecuado. Por otra parte, el norte de África, que sí posee el clima, tiene el inconveniente de la distancia y el coste del transporte, que es importante en este producto y la vida útil es muy corta, con lo que no supone una amenaza. Pero en las estadísticas oficiales se observa que la superficie ha ido disminuyendo ligeramente, al igual que la producción, lo que puede deberse a varios factores. Lógicamente, la producción se ajusta en función de la demanda y esta ha evolucionado, creciendo la industria del procesado en detrimento del fresco. Además, como la mayor parte de la producción va dirigida a la exportación, en los últimos años, esta

demanda se ha visto afectada por el incremento de producción en los países destino de nuestras exportaciones, que han alargado sus ciclos, apoyándose en invernaderos. La producción local se valora mucho actualmente.

Tabla 4. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Hortalizas de hoja o tallo-lechuga

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Predio medio percibido por los agricultores (euros/100 kg)	Valor (miles de euros)
2002	37,1	279	1.037,1	38,15	395.639
2003	37,7	254	956,8	47,66	456.011
2004	36,6	284	1.041,6	32,15	334.882
2005	37,7	263	991,9	51,12	507.045
2006	37,3	264	985,9	39,40	388.429
2007	34,9	271	947,6	42,16	399.513
2008	32,9	271	889,2	49,00	435.724
2009	32,6	262	853,0	37,69	321.491
2010	31,3	259	809,4	46,84	379.118
2011	32,6	266	868,4	30,00	260.531
2012	33,2	264	876,9	43,90	384.971

Fuente: Magrama.

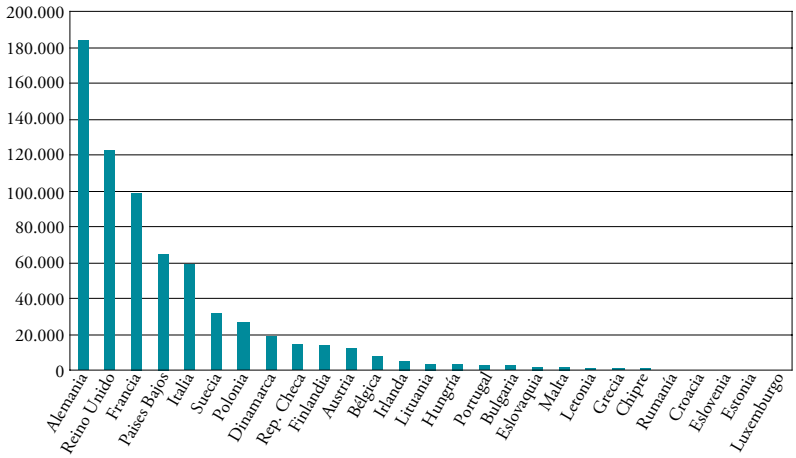
Referente a las oscilaciones, tanto de producción como de precio, las circunstancias climáticas que se han ido produciendo a lo largo de los años han sido determinantes; altas temperaturas en el otoño, pueden provocar acumulaciones de producción, que llevan al abandono de parcelas que no se pueden cosechar por exceso de oferta, y como consecuencia hay una bajada de precios, pero además, los inviernos fríos, con intensas heladas, han destruido cultivos que no han podido ser aprovechados ni reemplazados, con lo que se ha producido una falta de oferta que provoca la subida de precios.

Por regiones, en Murcia se concentra la mayor parte de la producción, alrededor de las 15.000 ha, seguida de Andalucía, con 11.440 ha, concretamente, Almería con 7.079 y Granada con 3.231. También se cultiva en la Comunidad Valenciana, 1.933 ha, distribuidas entre las 3 provincias, Alicante con 821 ha, Valencia con 693 ha y Castellón con 419 ha. Últimamente se ha registrado un crecimiento del cultivo en la provincia de Albacete, cubriendo la demanda de verano, alcanzando las 1.000 ha. Cataluña con 853 ha repartidas entre sus provincias es la comunidad que sigue a las anteriores. En Canarias,

donde está restringida la entrada de lechuga de la Península, se cultivan alrededor de 500 ha, repartidas entre Gran Canaria y Tenerife, destinadas a consumo interno, ya que la importación de lechugas desde la península está prohibida por causa del escarabajo de la patata.

La producción de lechuga está destinada mayoritariamente a la exportación a los países europeos. Según la información disponible en FEPEX estas exportaciones han ido creciendo en los últimos años, desde las 611.779 t del año 2011 hasta las 710.499 t del año 2014. Esta exportación es estacional y se concentra en los meses desde mitad de octubre a mitad de mayo. La distribución por países, se observa en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Exportación de lechuga por países (2014)



Fuente:Fepex.

Una parte significativa de la producción de lechugas está destinada a la industria de ensaladas preparadas, siendo este un sector que se ha desarrollado considerablemente, sobre todo en países como el Reino Unido, donde la lechuga para consumo en fresco ha quedado relegada a un segundo lugar, basta observar las estanterías en los supermercados. El gran crecimiento del mercado de las ensaladas preparadas desde su aparición en los 80, ha promovido el desarrollo de nuevos tipos y variedades de lechugas y otros cultivos de hoja, la introducción de las *baby leaf*, con un mayor valor añadido y el desarrollo de nuevos tipos como las lechugas *Multileaf*. Este desarrollo ha dado cierta estabilidad al mercado, por la creciente demanda, incluso ahora, aumentando

de media más de un 4 % en la mayoría de países de la UE. Reino Unido es el mayor mercado, seguido por el italiano, holandés y francés. España es un mercado menos desarrollado que los anteriores, aunque crece a buen ritmo, alcanzando las 90.000 t anuales de producción, lo que supone una proporción muy importante de las 200.000 t que se consumen en España.

5.2. Costes de cultivo

Hablar de costes de producción y precios de mercado es un tema bastante complejo, ya que los costes de producción dependen de las circunstancias de cada explotación y los procedimientos que se empleen para producir, y estos son factores muy cambiantes. Con cada finca, con las variedades, los períodos de cultivo y las circunstancias en las que se desarrolla. Incluso el coste de la mano de obra, del agua y otros conceptos, varía mucho de una zona de cultivo a otra y también en el período del año que se trate. No obstante, se va a intentar dar una idea de costes medios estimados de los conceptos más significativos en las condiciones lo más estándar posibles de las zonas de producción más significativas, teniendo en cuenta que el coste de producción en Albacete no se parece al de Águilas, ni el coste de un agricultor pequeño sin estructura que soportar, se parece a la de una gran empresa exportadora.

Dentro de este contexto, los precios de la lechuga iceberg pueden variar entre 0,24 y 1 euros la unidad, pero en la última campaña se han reportado precios medios en origen del orden de 0,36 a 0,37 euros la unidad, que suponen un margen interesante y poco habitual para este producto; la mayor parte de las campañas hay que conformarse con un 5-6 % de margen neto.

En el caso de los cogollos los precios son más estables y se pueden situar del orden de 0,185 a 0,195 euros/unidad, generando habitualmente mejor margen que la iceberg, rondando el 10 %.

Las lechugas como hoja de roble, lollos, etc, que llamamos especialidades, se venden indistintamente al mercado como a plantas de IV gama, con precios que varían en función de la especialidad y el destino, pero generalmente los márgenes netos son bastante superiores a los de la lechuga iceberg.

Los brotes de lechuga o *baby leaf* se venden generalmente a las industrias de IV gama con unos precios en origen que se sitúan alrededor de los 2 a 2,5 euros/kg.

Tabla 5. Costes de producción de los distintos cultivos

Conceptos	Iceberg	Cogollos	*Baby leaf*
Plantas/ha	*70.000*	*165.000*	*Produccion*
Cosecha kg/ha	*52.500*	*140.250*	*7.000*
Aprovechamiento	*75%*	*85%*	*7.000*
Costes variables	**13.466,00**	**19.616,00**	**9.732,00**
Agua	*1.050,00*	*1.050,00*	*670,00*
Fertilizantes orgánicos y minerales	*850,00*	*850,00*	*640,00*
Agroquimicos	*990,00*	*850,00*	*638,00*
Mano de obra	*4.550,00*	*8.780,00*	*1.445,00*
Plantas y semillas	*1.050,00*	*2.475,00*	*4.800,00*
Materiales	*3.500,00*	*2.570,00*	*136,00*
Maquinaria	*1.476,00*	*3.041,00*	*1.403,00*
Costes fijos	**3.882,00**	**4.329,00**	**2.291,00**
Costes estructurales	*2.079,00*	*2.079,00*	*773,00*
Amortizaciones	*1.033,00*	*1.150,00*	*650,00*
Arrendamientos y otros	*770,00*	*1.100,00*	*868,00*
Coste total por ha (euros)	**17.348,00**	**23.945,00**	**12.023,00**
Coste unitario (euros/pieza)	**0,3304**	**0,1707**	**1,7176**

6. Retos y perspectivas de futuro

La producción actual de lechugas empezó en Europa a final de los 60 y durante los 70 con la introducción de la lechuga iceberg desde EEUU, que constituye el núcleo de la producción de lechugas mundialmente. Después han surgido algunas lechugas especiales, como los cogollos (originalmente 'Little Gem'), los corazones de romana, reemplazando a la tradicional romana y un numeroso grupo de lechugas de diversos colores, formas y texturas, destinadas a la industria del procesado, que es el sector que esta actualmente imponiéndose en los mercados, con lo que podemos afirmar que el futuro de este cultivo está asociado al desarrollo de la industria de procesado y a determinadas especialidades para consumo en fresco.

La esquina del sureste español es la única zona en Europa con el clima adecuado para la producción de lechugas en invierno y esto es una clara ventaja competitiva, que se debe aprovechar. Pero esto permite estar presentes en los clientes europeos durante la campaña de invierno, desde final de Octubre a mediados de Mayo y se deja de suministrar en el verano, ya que hay producciones locales en los distintos países. Un reto para las empresas

productoras españolas es seguir suministrando a esos clientes de invierno durante el resto del año, consolidándose como un proveedor permanente. Esto exige que nuestras empresas establezcan cultivos en distintos países europeos, en función de sus necesidades. Hay empresas inglesas y alemanas que lo han hecho ya, pero parece que nos cuesta salir de nuestro rincón y tenemos que pensar en clave europea.

Otro de los retos es la especialización en cultivos de hoja, reduciendo el peso de lo que conocemos como *Commodities* o productos masificados, que no tienen ningún valor añadido y están sujetos a los vaivenes del mercado. Es un hecho que el precio de las lechugas sigue una tendencia a la baja, los costes de producción, mano de obra, agua, fertilizantes, energía, agroquímicos, tienen una tendencia al alza, con lo que hay que buscar la rentabilidad en variedades especiales, con presentaciones atractivas y resaltando las propiedades funcionales o saludables. La lechuga y, en un aspecto más amplio, las hortalizas de hoja, se consumen fundamentalmente por sus propiedades saludables y es algo en lo que hay que trabajar, introduciendo variedades y tipos con alto contenido en vitamina C, polifenoles, antocianos, glucosinolatos, etc. Cada vez más el consumidor, nuestro cliente esta más preocupado de lo que come y lo que le aporta nutricionalmente.

Es un hecho que el procesado esta creciendo en volumen y valor, evolucionando a productos más elaborados de uso individual y listos para consumir en cualquier lugar. Esto requiere una especialización para cubrir la demanda de este sector.

Desde un punto de vista puramente técnico, la mejora genética sigue su curso, con la aportación inestimable de las empresas de semillas, incorporando resistencias a plagas y enfermedades y desarrollando nuevos tipos, con colores y texturas más atractivos para el consumidor. Ahora hay un poco de confusión en el mercado con tanto tipo nuevo y habría que centrar la atención en determinadas líneas que aporten un valor añadido real y perceptible por el consumidor.

La seguridad alimentaria es un tema que preocupa mucho al consumidor y que requiere un tratamiento más serio por parte de la distribución. No se resuelve simplemente implantando normas de calidad, se requiere una política coherente de estabilidad en el suministro, que permita controlar eficientemente los procesos de producción y garantizar la sanidad del producto que se pone en las estanterías. Ahora podemos ver en algunos mercados y distribuidores una obsesión injustificada por el precio, que esta dañando mucho al sector.

Referencias bibliográficas

Argerich, C. y Gaviola, J. C. (1991): *Manual de producción de semillas hortícolas. Tomate*. INTA, Argentina.

Defra. (2015): *Basic Horticultural Statistics 2014*.

FAOSTAT. *Estadísticas oficiales*.

FEPEX. *Estadísticas exportación e importación productos hortofrutícolas.*

Fernández, M. D. (2014): *Desarrollo de un sistema de ayuda a la toma de decisión en el fertirriego en el cultivo de lechuga en el sudeste de España*. Fundación Cajamar.

Garcia Breijo, J. (2015): *«Tema 15: Luz y desarrollo. El fotoperiodismo. Fotomorfogenesis y control de la floración.* EUITA. Universidad Politécnica de Valencia.

Gazula, A. *et al.* (2005): «Temperature and cultivar effects on anthocyanin and chlorophyll b concentrations in three related lollo rosso lettuce cultivars»; *Hortscience* 40(6).

Giambanco De Ena, H. (2009): *Historia de la lechuga.*

González, A. y López, J. (2003): *La lechuga en la región de Murcia y otras comunidades autónomas*. CARM.

Luna, M. C. *et al.*: (2011): *La calidad de la lechuga iceberg y romana en IV gama mejora con el déficit de riego*. CEBAS-CSIC.

Magrama (2015): *Anuario de estadística 2014*.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa (5.º ed.), Madrid.

Maroto, J. V. (2014): *Historia de la agronomía*. Ed. Mundi-Prensa (2.ª ed.), Madrid.

Monserrat, A. (2005): «Productos y recomendaciones herbicidas en cultivos hortícolas». *Vida Rural*.

Rincón, L. (2005): *La Fertirrigación de la Lechuga Iceberg*. IMIDA.

Ryder, E. J.: *Origin and history of lettuce.*

Ryder, E. J. (2002): *The new salad crop revolution.*

Shioshita, R. *et al.*: (2007): «Coloration and growth of red lettuce grown under UV-Radiation transmiting and non transmiting covers». *Acta Horticultura* (761). ISHS.

Thompson, R. C. (1938): *Dormancy in lettuce seed and some factors influencing its germination*. USDA.

Van Rijswick, C. (2010): *The EU fresh-cut fruits and vegetables, market update*. Rabobank.

Escarola

Juan Antonio Marhuenda Berenguer[a] *y Juan García Vergara*[b]
[a]Ingeniero agrónomoy [b]director técnico de cultivos SAT Primaflor

1. Introducción

Según el botánico francés Pyramus de Candolle (1893), autor del libro *Origen de las especies cultivadas,* la escarola es espontánea en toda la cuenca mediterránea. Pero según otros autores, procede de la India oriental. Sin saber ciertamente su origen, los egipcios la cultivaban, a pesar de su amargor, y cuando César y Cleopatra desembarcaron en Roma fue cuando el Imperio comenzó a interesarse por esta planta, pues todo lo foráneo era novedad e interesante para los snobs. Pasó casi desapercibida su utilización por los romanos, no obstante, el escritor romano Lucio Junio Moderato Columela, autor del «libro X», sobre horticultura, dentro de su obra *De los trabajos del Campo* y *De Re rustica* (entre 3 a. C. y 65-70 d. C.), nos dice como se preparaban y comían los tallos y hojas de esta planta, que mezclaban con eneldo, hinojo, puerros y ruda.

Se le llamaba «escariola», que era una especie de achicoria de hojas largas. Pero para otros autores dicha palabra era utilizada por los bárbaros o extranjeros, ya que la palabra original latina era «seriola» o pequeña seris, es decir, «escarola« en latín.

Fue en el siglo XVI cuando se descubrió su proceso de blanqueo, consistente en atar la planta para que el cogollo, privado de luz, adquiriera un tono claro.

Según nos dice el escritor español José de Acosta, autor del libro *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590), los conquistadores españoles llevaron su cultivo a Centro y Sudamérica.

El botánico sueco Carlos Linneo (1753) le puso el nombre científico de *Cichorium endivia*, por ser una especie de achicoria, el primer nombre, y el segundo tomándolo del árabe *hendibeh*, que así se llamaba un tipo de achicoria que se comía en ensalada, según su libro *Species Plantarum*.

El botánico español José Quer Martínez (1764), autor del libro *Flora de España*, nos dice que esta planta se cultiva, sobre todo, en Zaragoza y que fortalece el estómago, excita el apetito, ayuda a la digestión, purifica los conductos urinarios y facilita la transpiración y expectoración. Casi todas estas propiedades habían sido descritas anteriormente por los médicos árabes.

Ya en el siglo pasado, en Francia, en las comarcas de Rouen, Louviers y Bourdeaux, tenían fama dos clases de escarolas, una llamada «cornette» por sus hojas retorcidas y cuerpo un poco elevado, y otra llamada «rizada fina», de hojas muy recortadas, pero mucho más fina y compacta.

Actualmente se cultivan varios tipos que se distinguen por la forma o variedad de la hoja. La hoja lisa puede ser lisa, muy dentada y laciniada ('Frisée') o muy dividida ('Fine Frisée'). La escarola es muy popular en Francia y en algunas partes de España. Su uso principal es para consumo en fresco pero también para su empleo en la IV gama. El tipo mayoritariamente cultivado es la 'Frisée' en la que se valora el grado de blanqueo. Para ello se utilizan distintos métodos con el fin de conseguir la mayor proporción posible de blanco.

2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología

Según la taxonomía clásica la lechuga se clasifica:

Familia: Compositae (Asteraceae).

Tribu: Cichoreae.

Genero: *Cichorium.*

Especie: *endivia* L.

Es una planta bienal, con raíz pivotante, con hojas de muy diversas formas, que no llegan a formar cogollo, aunque puedan llegar a apretarse mucho en algunos casos y entonces se autoblanquean, tomando un tono amarillento. Durante el segundo año desarrollan un tallo floral muy ramificado con flores en capítulos de color azulado. Las semillas son pequeños aquenios, que como en la lechuga, muestran un pequeño vilano. En un gramo entran alrededor de 600 semillas.

3. Cultivo

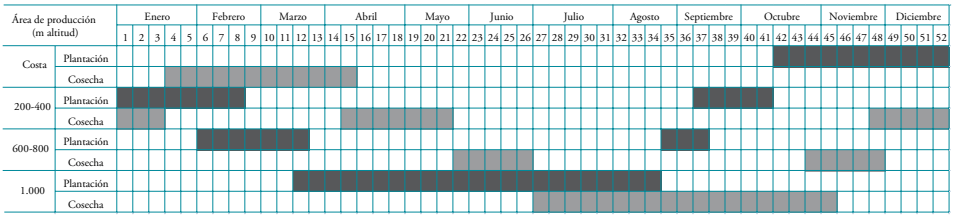
La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo es de 14 a 18 ºC durante el día y de 6 a 8 ºC por la noche, pero con límites entre 5 y 30 ºC, aunque puede llegar a soportar temperaturas por debajo de 0 ºC. En la fase de semillero hay que mantener las temperaturas en el intervalo óptimo para evitar la inducción a subida a flor.

La escarola se puede cultivar durante todo el año al aire libre en el área mediterránea, pero en zonas del interior y en el norte de la península se cultiva en invernadero durante los meses de invierno.

En el área mediterránea los ciclos de cultivo varían desde los 90 días en verano/otoño a los 140 días en invierno/primavera.

Los ciclos de cultivo en las distintas ubicaciones son los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Calendario de producción de la escarola



La planta de escarola se siembra en semillero, en bandejas de poliestireno de alvéolo piramidal de 150 o 294 alvéolos. También es muy utilizada la siembra en taco cuadrado de turba prensada de 3 x 3 o 4 x 4 cm.

Los ciclos de semillero varían de 30 a 50 días dependiendo de la época del año, ubicación y tipo de semillero.

La temperatura para una germinación óptima de semilla de escarola se sitúa en 18-20 ºC con una humedad relativa del 90-100 %.

La temperatura óptima para el ciclo de cultivo en semillero es de 16-25 ºC. Las temperaturas frías en los primeros estadios inducen a la planta a la subida a flor prematura. Esto ocurre en las cosechas de primavera y principios de verano al aire libre. Por eso, deben sembrase en semillero dotado de calefacción.

Los suelos francos arcillosos son los preferidos para el desarrollo óptimo de las escarolas. Deben evitarse los suelos salinos sódicos que producen necrosis y bordeamiento de las hojas depreciando el producto.

El acolchado es una práctica común en este cultivo para evitar las malas hierbas y mejorar la calidad de la escarola, así como para un mayor aprovechamiento del número de hojas por planta aumentado el peso por pieza en cosecha.

Son varios los marcos de plantación y las densidades que se emplean dependiendo del tipo de escarola, el tipo de cosecha y el destino: para su venta en fresco o para su uso en industria de procesado.

Las escarolas tipo 'Frisée' (hoja dividida y de hoja lisa) son cultivadas con una densidad de plantación de 50.000-60.000 plantas/ha. Estas son escarolas con un peso de 1-2 kg/pieza y las tipo 'Fine Frisée' (hoja muy dividida) se cultivan con una densidad de plantación de 80.000-100.000 plantas/ha, con un peso 250-500 g/pieza.

Podemos encontrar escarolas plantadas sin mesa de cultivo, o bien en caballones de 15 cm de alto por 30 cm de base y 70 cm entre líneas, o bien en mesas de cultivo de 90 o 100 cm entre centro y centro, con 2 líneas de cultivo con plantas a tresbolillo. También se puede cultivar en mesas de 1,80 m hasta 2 m, con 6 líneas de plantas al tresbolillo.

El trasplante de la escarola se hace cuando la plántula llena el cepellón de raíces y la hoja tiene una altura de 5-6 cm. La plantación se puede hacer a mano o con plantadora, donde mejoramos la uniformidad de arraigo y la homogeneidad del cultivo. Cuando se emplea plástico en el acolchado de la mesa hay plantadoras que pueden incorporarlo en el momento de la plantación.

En función del destino y del tipo de escarola se pueden emplear distintas técnicas de blanqueamiento. Este proceso se realiza en el último estadio de cultivo próximo a cosecha, cubriendo la planta de la escarola (con gorro blanco) o bien atándola con un elástico puesto en los extremos de las hojas, de forma que cierren o agrupen impidiendo la entrada de luz e induciendo el blanqueamiento de la las hojas interiores. Para obtener sobre 30-40 % de hojas blancas.

Tras el trasplante, durante la primera semana, conviene efectuar riegos por aspersión para facilitar el arraigo de las plantas. A continuación empezaremos con la fertirrigación. Las mesas de 90 cm con 2 líneas de plantas, tienen una tubería portagoteros entre ambas líneas, mientras que la mesa de 180 cm con 6 líneas de plantas, tiene 3 filas de goteros. El consumo de agua va a depender del ciclo, verano o invierno, del tipo de suelo y del sistema de riego. El consumo medio por hectárea oscila entre 2.300 y hasta 4.000 m^3/ha en ciclos de cultivo de 150 días.

Figura 1. Blanqueado de escarola con utilización de gorro

Las necesidades de nutrientes principales para este cultivo se fijan, en función de la producción prevista, en:

- N 140 UF/ha.
- P_2O_5 60 UF/ha.
- K_2O 180 UF/ha.
- Ca: 100 UF/ha.
- Mg: 45 UF ha.

La aportación de materia orgánica sigue los mismos principios que describimos en el caso de la lechuga, 1 a 5 kg/m^2, respetando las normas establecidas por la normativa de buenas prácticas agrícolas.

En el control de malas hierbas se deben tener en cuenta las recomendaciones para el mantenimiento de los campos y evitar la proliferación de estas; Empleándose los herbicidas autorizados en escarola (propizamida y clorprofam) y siguiendo las recomendaciones establecidas en cada caso. Son herbici-

das de preemergencia o posemergencia temprana, con lo que se deben aplicar en el momento de la plantación e incorporar con riego por aspersión.

Figura 2. Cultivo de escarola rizada

3.1. Material vegetal

Existen dos grupos varietales en función de la forma de sus hojas:

- *Cichorium endivia* L. var. *crispa*: tiene hojas muy divididas en estrechos y retorcidos segmentos, con los bordes fuertemente dentados.
- *Cichorium endivia* L. var. *latifolia*: con las hojas muy anchas, onduladas y los bordes apenas dentados.

Los cultivares se pueden agrupar por el tipo de hoja, lisa, dividida y muy dividida, así como por su adaptación a la estación del año.

Como variedades comerciales de referencia podemos citar, entre otras, las siguientes:

- Tipo rizado: 'Cigal', 'Wallonne-Monaco', 'Tebas', 'Recoleta', 'Carleta'.
- Tipo muy rizado: 'Burundi', 'Galanti', 'Korbi', 'Benefine', 'Inverfine', 'Primafine'.
- Lisa: 'Berlotti', 'Excel', 'Kethel', 'Seychel', 'Parmance', 'Leonida', 'Venance', 'Performance'.

La mejora genética de las escarolas va dirigida a la textura crujiente de hoja, al tipo de rizado y número de hojas, al autoblanqueo, a la resistencia a

enfermedades, a la subida a flor y a resistencias a *tip burn* o necrosis del borde de las hojas.

Figura 3. Escarola lisa

Figura 4. Escarola 'Fine Frisée'

3.2. Plagas y enfermedades

3.2.1. Plagas

Básicamente sufre las mismas plagas y enfermedades de la lechuga, pero con matices. La invasión por orugas de noctuidos en verano y otoño es una de las más frecuentes y se deben controlar con los correspondientes planes de seguimiento de población y aplicación de los agroquímicos registrados:

- *Spodoptera littoralis* (rosquilla negra).
- *Spodoptera exigua* (gardama verde).
- *Autographa gamma* y *Chrysodeixis chalcites* (camelleros u orugas camello).
- *Helicoverpa armígera.*

Los problemas con áfidos se pueden dar a la salida del invierno, en zonas cálidas; cuando se dan temperaturas medias por encima de los 15 ºC empieza el período de riesgo en el que hay que monitorear intensamente la presencia de esta plaga, con prospecciones cada 7 días como máximo en época de riesgo. Debe aplicarse el tratamiento cuando se detecten los primeros individuos.

En cuanto a trips, la especie *Frankliniella occidentalis* es la que viene afectando a este y otros cultivos desde finales de los 80. El primer síntoma de su presencia son las picaduras en hojas y su desarrollo está muy relacionado con las temperaturas altas. En zonas cálidas puede aparecer en la primavera y algo más tarde en las zonas altas de cultivo de verano, donde aparecen picos de población en pleno estío, durante el mes de Julio. El daño más importante viene como consecuencia de la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), ya que es el principal vector.

3.2.2. Enfermedades

Son varias las enfermedades fúngicas que afectan a este cultivo y, en función de las condiciones climáticas es el nivel de riesgo y, por lo tanto, de incidencia. El mildiu, lo causa el hongo *Bremia lactucae*. Cuando las temperaturas se encuentran alrededor de los 15 ºC y la humedad es elevada (la superficie de la hoja está mojada un período amplio del día) prolifera.

La podredumbre gris producida por el hongo *Botrytis cinerea* es la enfermedad que más problemas poscosecha se da. Prolifera cuando la temperatura

aumenta a la salida del verano (18 a 20 ºC) y se da una elevada humedad ambiental; a veces provocada por exceso de riego y abonados nitrogenados, que dan lugar a tejidos muy tiernos. La Podredumbre blanca y del cuello la produce *Sclerotinia sclerotiorum y S. minor* cuando las condiciones ambientales son similiares a la anterior (podredumbre gris), pero a partir de los esclerocios presentes en el suelo que infectan las hojas basales y el cuello de las plantas. Con temperaturas superiores a 30 ºC y el suelo humedecido se destruye un elevado porcentaje de esclerocios.

3.2.3. Enfermedades producidas por virus

El virus del bronceado del tomate (TSWV) es uno de los problemas más graves que se pueden presentar, sobre todo en cultivos de verano cuando prolifera el trips, que es el vector de esta enfermedad. En un momento determinado del cultivo vemos que hay trips en el cultivo y al cabo de algunos días aparecen plantas con síntomas de virus del bronceado y, a partir de ese momento, el desarrollo de la enfermedad es difícil de parar, obligando a tomar medidas muy drásticas, incluso de destrucción de cultivo para evitar su propagación.

La estrategia de lucha debe basarse en controlar el trips y no hay agroquímicos eficaces, pero sobre todo en controlar los rastrojos, restos de cultivos, malas hierbas y todo aquello que pueda suponer una fuente de inóculo del virus.

3.2.4. Desórdenes fisiológicos

La principal es la necrosis marginal o *tip burn* que se presenta asociada a determinadas condiciones ambientales, provocando una necrosis del margen de las hojas, internas o externas, en función del factor que lo produzca. Esta necrosis puede evolucionar a podrido y deteriora comercialmente el cultivo. Se asocia a la translocación del calcio en la hoja y se presenta por varios motivos, generalmente altas temperaturas y estrés hídrico o salino.

4. Composición

La escarola es una verdura con bajo contenido calórico, punto en común con el resto de los vegetales, dado su escaso contenido en nutrientes energéticos (hidratos de carbono, proteínas y grasas). El agua es el elemento que predomina en su composición. En ella están disueltas cantidades apreciables de

vitaminas C y del grupo B destacando los folatos (cubre el 43 % de las ingestas recomendadas para hombres y mujeres de 20 a 39 años con actividad física moderada). Es la verdura más rica en esta vitamina, con diferencia respecto al resto. De las vitaminas liposolubles, solo podemos resaltar su contenido poco apreciable en vitamina A.

Este alimento contiene también otros principios activos con carácter antioxidante como los flavonoides (miricetina, quercetina, kaempferol, luteolina y apigenina) y compuestos fenólicos como los ácidos cafeico y ferúlico, que son también potentes antioxidantes con capacidad de inhibir la actividad carcinogénica.

Los minerales más abundantes, aunque en cantidades discretas, son calcio, fósforo, hierro y potasio, estos dos últimos los más abundantes. El calcio y el hierro presentes en la escarola no se asimilan tan bien como los de origen animal, porque la fibra de la verdura interfiere en la absorción a nivel intestinal.

Por otro lado, las hojas de la escarola contienen principios amargos, como la intibina, que estimulan el apetito, favorecen la digestión y aumentan la actividad de la vesícula biliar.

5. Importancia económica

Los datos de producción mundial de escarola vienen asociados a la lechuga, por lo que nos centramos en los datos de producción en España, que publica el Ministerio de Agricultura.

En España se cultivan alrededor de 2.500 ha situadas principalmente en la Región de Murcia y Cataluña, con una producción cercana a las 60.000 t, que se reparten al 50 % ente los dos tipos antes descritos. Casi la mitad de la producción va destinada a Francia, seguida por orden de importancia por Alemania y Holanda. El consumo de esta escarola en España es más bien poco y por ello la superficie cultivada permanece estable. Pero actualmente, el sector de la IV gama está empleando la escarola en sus mezclas de ensaladas y esto hace que aumente el interés por este cultivo.

Por regiones, Cataluña con 537 ha es el primer productor de escarola, seguida por la Región de Murcia, Andalucía y Comunidad Valenciana.

Tabla 2. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Hortalizas de hoja o tallo-escarola

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100 kg)	Valor (miles de euros)
2002	2,8	253	71,1	51,40	36.545
2003	2,8	258	72,2	50,62	36.548
2004	3,0	261	77,1	52,48	40.443
2005	3,0	265	80,1	53,99	43.243
2006	2,9	253	72,2	55,38	39.977
2007	2,5	253	63,7	55,35	35.250
2008	2,4	258	61,9	49,34	30.535
2009	2,5	250	62,3	45,71	28.477
2010	2,4	250	59,8	54,13	32.371
2011	2,5	243	60,7	50,09	30.423
2012	2,4	246	59,0	50,10	29.537

Fuente: Magrama.

Tabla 3. Análisis autonómico de superficie, rendimiento y producción (2013). Hortalizas de hoja o tallo-escarola

CCAA	Superficie (ha)				Rendimiento (kg/ha)			Producc. (t)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
Cantabria	1			1	15.000			15
País Vasco	8	17	5	30	16.438	25.000	35.200	733
Navarra		219	20	239		30.292	32.550	7.285
La Rioja		17	1	18		26.000	31.000	473
Aragón		3	5	8		30.000	40.000	290
Cataluña	2	537		539	10.500	23.953		12.884
Baleares		19		19		18.800		357
Castilla y León		110	30	140		23.941	34.000	3.654
Com. de Madrid		1		1		12.000		12
Castilla-La Mancha		22		22		24.000		528
Com. Valenciana		312		312		29.920		9.335
Reg. de Murcia		492		492		24.750		12.177
Andalucía		359		359		27.615		9.914
Canarias		51		51		20.196		1.030
España	11	2.159	61	2.231	15.227	26.142	34.066	58.687

Fuente: Magrama.

En términos de volumen de ventas a nivel intracomunitario, en el año 2014 se comercializaron 208.399 t.

España exportó a otros países 61.616 t, de las que 58.762 t fueron a países de la UE, siendo Francia con 19.883 t el mayor cliente, seguido de Alemania (9.463 t), Países Bajos (9.394 t) e Italia (6.180 t).

5.1. Costes de producción

En las condiciones de cultivo del sureste español estos son los costes de producción medios para escarola tipo 'Frisée'; en el caso de la 'Fine Frisée' se incrementará el número de plantas por hectáreas, pero los costes genéricos por hectárea serán similares.

Tabla 4. Costes de producción de la escarola

Conceptos	Escarola
Plantas/ha	*62.000*
Cosecha piezas/ha	*49.600*
Aprovechamiento (%)	*80*
Costes variables	**9.953**
Agua	*1.100*
Fertilizantes org y minerales	*850*
Agroquimicos	*990*
Mano de obra	*3.462*
Plantas y semillas	*1.175*
Materiales	*900*
Maquinaria	*1.476*
Costes fijos	**3.882**
Costes estructurales	*2.079*
Amortizaciones	*1.033*
Arrendamientos y otros	*770*
Coste total por ha (euros)	**13.835**
Coste unitario (euros/pieza)	**0,2789**

Fuente: elaboración propia.

6. Retos y perspectivas de futuro

La escarola no es un producto de consumo masivo y podemos considerarla como una especialidad, de hecho hay empresas muy enfocadas a esta producción, con la posibilidad de vender como producto fresco confeccionado, en distintas modalidades, según clientes, o vender a las plantas de IV gama, modalidad en la que está muy implantada, aunque no haya un uso creciente de la escarola en los últimos tiempos.

Con lo expuesto anteriormente, podemos concluir que se espera un desarrollo significativo de este cultivo, pero que puede resultar interesante para especialistas que encuentren un lugar en el mercado.

Referencias bibliográficas

FAOSTAT. *Estadísticas oficiales*.

FEPEX. *Estadísticas exportación e importación productos hortofrutícolas.*

Giambanco De Ena, H. (2009): *Historia de la lechuga.*

Magrama. (2015): *Anuario de estadística 2014*.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura herbácea especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Maroto, J. V. *et al.* (2010): *Análisis de diferentes técnicas de blanqueo en escarola rizada*. Fundación Ruralcaja.

Van Rijswick, C. (2010): *The EU fresh-cut fruits and vegetables, market update*. Rabobank .

Espinaca

Juan Antonio Marhuenda Berenguer[a] *y Juan García Vergara*[b]
[a]Ingeniero agrónomoy [b]director técnico de cultivos SAT Primaflor

1. Introducción

Sobre el origen de la espinaca, el botánico ruso Vavilov (1926), autor del libro *Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas,* ubica su centro de dispersión en el Cáucaso, Irán y Afganistán. Mientras, el francés Pyramus de Candolle sostiene que esta planta procede de Oriente Medio, pues su nombre parece derivar del persa *aspanach* o del árabe *isfinag* y el inglés Boswell (1949), autor de *Nuestros Vegetales Viajeros*, nos dice que es oriunda del sudeste asiático. De allí habría sido traída por el conquistador macedonio Alejandro Magno a Grecia, adaptándose al lugar.

Los griegos y los romanos la consumían como medicina y fue también muy apreciada por los árabes, por sus propiedades saludables. La espinaca que hoy conocemos se cultivaba ya en el siglo XI con profusión en Sevilla (España). También se plantaba en Francia en el siglo XIII. En el libro *Anónimo Toscano* se citan varias recetas que tienen a la espinaca como base.

El escritor español José Acosta (1590) nos dice en el libro *Historia Natural y Moral de las Indias* que los conquistadores españoles llevaron el cultivo de la espinaca a América. Se sabe que los misioneros españoles introdujeron el cultivo de la espinaca a los EEUU en el siglo XVII, adaptándose bien en Texas y California.

El botánico sueco Carlos Linneo (1753) la denominó *Spinacea oleracea* en su libro *Species plantarum*.

Actualmente se consume en fresco o cocinada y se puede encontrar en múltiples formas (en fresco, congelada, deshidratada). Pero el crecimiento de su consumo viene de la mano de la industria de procesado de ensaladas, formando parte de mezclas con otras plantas como rúcula, canónigos, lechugas, etc., y también sola, troceada o como brotes de espinaca.

Es una de las hortalizas consideradas como más saludables, entra dentro de la gama de alimentos funcionales, aspecto que valora cada vez más el consumidor.

2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología

La espinaca se encuadra dentro de la familia de las *Chenopodiaceae*, al igual que la acelga y la remolacha. Su nombre científico es *Spinacia oleracea* L.

Por la forma de la semilla se distinguen dos tipos de espinaca, una de semilla espinosa y otra de semilla redondeada y lisa. En realidad son aquenios, que mantienen su capacidad germinativa unos 4 años y en un gramo entran unas 100 semillas lisas o 85 espinosas.

Es una planta con raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo superficial, que forma una roseta de hojas pecioladas, con un limbo que puede ser más o menos sagitado, triangular-ovalado o triangular acuminado, de márgenes enteros o sinuosos y de aspecto blando, rizado, liso o abollado. La planta puede alcanzar los 15 a 25 cm de altura antes de desarrollar un escapo floral.

La espinaca es una planta normalmente dioica, es decir que unas plantas presentan solamente flores femeninas y otras solamente flores masculinas; no obstante, pueden aparecer plantas monoicas con flores masculinas y femeninas a la vez, siendo normal en tal caso una mayor abundancia de flores masculinas o femeninas. En ocasiones se comprueba la presencia de flores hermafroditas.

Se trata de un cultivo adaptado a climas frescos, cuyo cero vegetativo está en 5 ºC. Pero algunas variedades especialmente resistentes pueden soportar hasta los -7 ºC. En general no tolera el calor en exceso. La temperatura óptima de desarrollo es de 15 a 18 ºC. La combinación de temperaturas altas y días largos, inducen la subida a flor.

Si sometemos las semillas de espinaca a bajas temperaturas adelantaremos la aparición de escapos florales, pudiendo incluso reducir las necesidades de fotoperiodo de 14 a 8 horas.

Hay una especial preocupación por la posible acumulación de nitratos en hojas de espinaca. En condiciones de baja luminosidad y elevadas aportaciones de abonos nitrogenados se pueden producir acumulaciones no deseadas de nitratos, por encima de los niveles permitidos, niveles que se miden sobre materia fresca, con lo que su variabilidad es muy elevada en función del estado de hidratación de las hojas, incluso, del momento del día en el que se recolecte.

El valor nutritivo de las espinacas radica en su alto contenido en vitaminas y minerales. En concreto, este alimento aporta una gran cantidad de folatos, vitamina C, vitamina A y cantidades inferiores de vitaminas E, B6 y riboflavina. También aportan muy alto contenido en β-carotenos (3.254 µg/100 g de espinacas crudas), compuestos que, además de transformarse en vitamina A en nuestro organismo (provitamina A), desempeñan acciones antioxidantes y estimuladoras del sistema inmune. Asimismo, contienen otros carotenoides sin actividad provitamínica A, como la luteína y la zeaxantina, que se encuentran en el cristalino y la retina humanas. En cuanto a los minerales, cabe destacar la elevada proporción de magnesio y de hierro, «hierro no hemo» que se absorbe con mayor dificultad que la forma «hemo». Además, aportan una cantidad apreciable de fibra (soluble e insoluble).

En relación con este alimento es preciso tener en cuenta que las personas con tendencia a la formación de cálculos renales, gota, reuma, artritis, etc. deben moderar su consumo, debido al contenido en ácido oxálico, que se combina con minerales (hierro, magnesio, calcio, etc.) para formar los oxalatos.

3. Cultivo

Es un cultivo cuyo desarrollo es óptimo a temperaturas medias diarias entre 15-18 ºC y 12 a 14 horas de luz. Cuando se sobrepasan las 12 horas de luz y los 15 ºC de temperatura media, muchas variedades inician la subida a flor. Por lo tanto, se busca la ubicación adecuada para conseguir el crecimiento óptimo evitando así dicha subida a flor:

- Zona alta: más de 1.000 m de altitud y zonas del norte (como Navarra) son aptas para cosechas desde primeros de junio a mediados de octubre.
- Zona media: 500 m de altitud, apta para cosechas de mayo y octubre.
- Zona baja: 200-300 m de altitud, cosechas de noviembre a abril.
- Zona Baja costa: menos de 200 m de altitud, cosechas de enero, febrero y marzo.

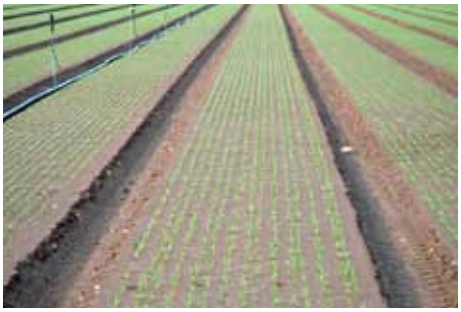
Generalmente, la producción destinada a industria se concentra en los meses de marzo a junio y hay un segundo período con siembras en agosto para

cosechar en octubre y noviembre. Siempre buscando las condiciones en la que se pueden obtener los mejores rendimientos.

La espinaca es bastante exigente en la calidad del suelo, requiere suelos con buena estructura y buen drenaje. El encharcamiento dificulta el desarrollo del cultivo y produce amarillez. Mejor debe optarse por suelos ricos con materia orgánica; en los arcillosos y muy arenosos tiene dificultades. Es una planta resistente a la salinidad, pero requiere suelos neutros, en los ácidos se desenvuelve mal y en los alcalinos desarrolla clorosis.

Por todo lo mencionado anteriormente, es muy importante la preparación del suelo. El sistema en mesas de cultivo favorece el desarrollo siempre que las preparemos adecuadamente, libres de piedras y bien niveladas que permitan una siembra de precisión y un riego uniforme, sin encharcamiento. De esta forma se facilitará la recolección mecanizada.

Figura 1. Cultivo de espinaca *baby leaf*



El marco de siembra puede variar en el ancho de corte, pero lo habitual son mesas entre 1,8 y 2 m de ancho entre ruedas, lo que da una mesa útil de 1,4 a 1,6 m, con 30-36 líneas para el cultivo de *baby leaf* y 16-18 líneas para espinaca adulta, con densidades de siembra de 7.000.000 semillas/ha para la *baby leaf* y 1,5 millones de semillas/ha para espinanca adulta. Estamos buscando hojas de 9 a 12 cm en *baby leaf* y 15 a 20 cm en espinaca adulta. Con rendimientos esperados de 7.000 a 9.000 kg/ha en *baby leaf* y 15.000 a 20.000 kg/ha en adulta. Estos rendimientos pueden incrementarse cuando realizamos varios cortes. Siempre es muy aconsejable emplear sembradoras de precisión neumáticas que mejoran sensiblemente los rendimientos y la uniformidad del cultivo.

Los ciclos de crecimiento varían en función del tipo, la ubicación y el período del año del que se trate, pero oscilan entre 4 a 9 semanas para la *baby leaf* y 6 a 15 semanas para la espinaca adulta.

El sistema de riego habitualmente empleado es la aspersión y el tipo de esta puede variar. En la espinaca destinada a congelado y que se cultiva en el interior de la península se pueden ver pivot regando los campos, también se puede encontrar riego por aspersión fijo en la parcela y, más rara vez, carros de riego. Sin embargo, en la espinaca destinada a fresco se usan sistemas de aspersión de bajo caudal, con muy buena uniformidad de riego y alta eficiencia. Aspersores de 550 a 650 l/hora instalados a un marco de 11 x 9 m, con uniformidades de riego próximas al 90 % en ausencia de viento.

Los consumos de agua pueden oscilar entre 1.200 y 1.600 m^3/ha en la espinaca *baby leaf* y de 1.500 a 2.000 en la espinaca adulta.

Las extracciones de fertilizantes de la espinaca se sitúan en los siguientes niveles:

- N: 110-130 kg/ha.
- P_2O_5: 38- 45 kg/ha.
- K_2O: 180-220 kg/ha.

Este cultivo es susceptible de acumular nitratos en hoja, sobre todo en momentos de baja luminosidad, por lo que en ocasiones es interesante la aplicación de fertilizantes de lenta liberación o con inhibidores de la nitrificación.

Se recomienda abonado orgánico de fondo, bien compostado y aplicado con el tiempo suficiente para que se incorpore al suelo. Se pueden emplear dosis, en función de la condiciones del suelo, de entre 2 y 4 kg/m^2, una vez al año.

Figura 2. Cultivo de espinaca *baby leaf* detalle del riego por aspersión desmontable

Figura 3. Detalle de riego por aspersión en espinaca

3.1. Material vegetal

Botánicamente se distinguen dos subespecies: *Glabra* Mill ssp., de hojas anchas y semillas redondas y *Spinosa* Mill ssp., de hojas puntiagudas y semillas espinosas.

La mayoría de las variedades cultivadas actualmente son híbridos F1, que incorporan diversas resistencias y son muy productivas.

A efectos de cultivo distinguimos 3 tipos de espinaca por la forma de la hoja: oriental, rizada y lisa.

Por su adaptación al ciclo de cultivo las podemos englobar en 2 grupos, variedades de otoño-invierno y variedades de primavera-verano. Las primeras son más vigorosas, pero menos resistentes al espigado, mientras que las segundas, son menos vigorosas, de crecimiento más lento y más resistentes al espigado.

Además, hay variedades específicamente seleccionadas para uso industrial y otras para cultivo de *baby leaf* y consumo en fresco.

La resistencia a *Peronospora farinosa*, actualmente vamos por la raza 15, es indispensable, sobre todo en los períodos de riesgo.

Algunas de las variedades disponibles y que se pueden emplear tanto para congelado como para fresco son: 'Antelope RZ F1', 'Marabu RZ F1', 'Pigeon RZ F1', 'Polarbear RZ F1', 'Puma RZ F1', 'Racoon RZ F1', 'Whale RZ F1', 'Basson', 'Amazon', 'Clarinet'. Y del tipo rizada: 'Mandolin', 'Donkey RZ F1', 'Zebu RZ F1', 'Andromeda', 'Antalia', 'Volans', 'Caladonia', 'Molokai', 'Lanzarote', 'Solomon'.

Hay también variedades de espinaca roja con hoja lisa: 'Red cardinal RZ F1', 'Red Kitten RZ F1'.

Lógicamente, cada cual, en función de sus requerimientos y circunstancias, destino de la espinaca, industria, fresco, período del año, ubicación geográfica, otros factores, elegirá aquellas variedades que mejor se adapten.

3.2. Control de malas hierbas, plagas y enfermedades

El control de malas hierbas se lleva a cabo mediante la aplicación en postsiembra y pregerminación de lenacilo 80 % a las dosis recomendadas, en función del tipo de suelo, suelos arenosos 0,6 kg/ha y suelos arcillosos 0,8 kg/ha.

Siempre resulta aconsejable establecer rotaciones de cultivo que ayuden al mantenimiento del suelo, pudiendo asociarse con crucíferas, leguminosas, cereales, incluso, lechuga, alcachofa, apio, zanahoria, etc.

Las plagas más comunes son las orugas de lepidópteros en los períodos de verano y otoño, también el minador; tanto la mosca con las picaduras en la

hoja como las larvas produciendo galerías deterioran el producto comercialmente. También son usuales los ataques de pulgones (*Aphis fabae*) cuando hay buenas temperaturas.

La enfermedad más común es la *Peronospora farinosa* L. o mildiu de la espinaca, pero este problema se puede resolver con el empleo de variedades resistentes, actualmente se han constatado 15 razas. Siempre con la precaución de proteger la resistencia con aplicaciones de fungicidas.

También se pueden presentar problemas de *Cladosporium*, con alta humedad y temperaturas frescas y *Cercospora*, con alta humedad y temperaturas cálidas. Con *Stemphylium*, *Phoma*, *Verticilium*, *Albugo* y *Antracnosis* hay que tomar las debidas precauciones en los momentos de riesgo y proteger el cultivo con fungicidas específicos y de amplio espectro.

Respecto a las virosis, destacan el virus del mosaico del pepino, se trasmite por el pulgón, el TRV, virus del tabaco, que se trasmite por nematodos y el BNYVV, que se trasmite también por pulgón. Para evitar la proliferación de estas enfermedades hay que evitar la presencia de plantas que tengan la enfermedad y luchar activamente contra los vectores.

Figura 4. Cultivo de espinaca *baby leaf* listo para cosechar

La cosecha se lleva a cabo mediante cosechadoras que cortan la planta por el pecíolo, dejándolo más o menos largo en función de los requerimientos del

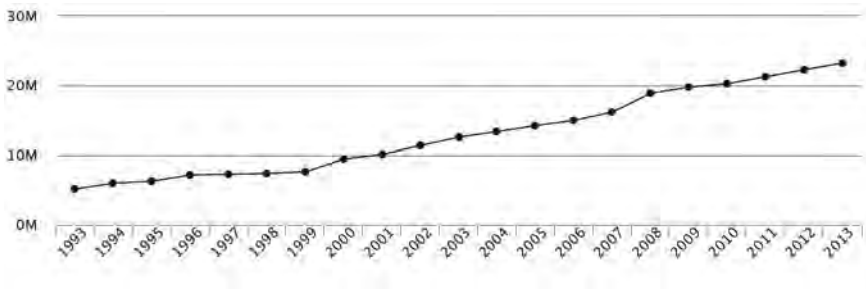
cliente. Hay que evitar los períodos de mucho calor, viento, etc., que provocaran la deshidratación de las hojas cosechadas, mucho más en el caso de los brotes o *baby leaf*. Una vez cosechado, se debe llevar a preenfriar rápidamente y mantener a una temperatura alrededor de 1 ºC y 90 % de humedad relativa.

Figura 5. Recolección de espinaca para *baby leaf*

4. Importancia económica

Según los datos oficiales de la FAO, en el mundo se producen 23.231.898 t, en las 910.833 ha cultivadas. Esta producción ha ido creciendo en los últimos años, como muestra el Gráfico 1.

Gráfico 1. Evolución de la producción de espinaca. En millones de toneladas



Fuente: FAO.

Los principales países productores en el mundo según las estadísticas de la FAO se observan en la Tabla 1.

Los datos del Ministerio de Agricultura relativos al 2013 nos muestran la evolución de superficies, producción y rendimientos en España (Tabla 2).

La superficie total se sitúa alrededor de las 3.000 ha (observar la diferencia con los datos de la FAO, 3.900 ha), con una producción que ha llegado a máximos de 70.600 t en el 2011 y queda en 55.100 t en el 2013.

Por provincias, Navarra es el primer productor con 780 ha de cultivo, seguida de Albacete con 325 ha y Valladolid con 232 ha. Estas son áreas de producción tradicional para uso industrial, un 75 % va a congelado, 5 % a conserva y 20 % para fresco. Murcia aparece con 127 ha y Almería con 15 ha, de donde se puede deducir que no están recogidas la superficie cultivada como *baby leaf*, destinada al procesado de ensaladas, que es la modalidad que más crece actualmente, destinando una parte importante a la exportación. Si observamos la Tabla 2 el precio medio ronda los 0,5-0,6 euros/kg mientras que el precio percibido por el agricultor por 1 kg de espinaca *baby leaf* supera el euro.

Tabla 1. Principales productores de espinacas (2013)

Paises	Superficie (ha)	Producción (t)
China	728.150	21.080.600
Indonesia	41.621	131.248
Turquía	22.465	220.274
Japón	19.973	258.427
EEUU	16.285	336.200
Pakistán	8.317	100.151
Bangladesh	8.094	43.000
Italia	6.660	83.113
República de Corea	6.391	91.116
Francia	6.091	118.709
Irán	5.183	105.118
Bélgica	4.100	100.900
Malasia	4.043	53.303
España	3.900	56.700
Grecia	3.500	59.500
Alemania	3.030	53.386
Mundo	910.833	23.231.898

Fuente: FAO.

Tabla 2. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor en España. Hortalizas de hoja o tallo-espinaca

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100 kg)	Valor (miles de euros)
2002	3,1	183	55,9	52,56	29.397
2003	2,8	197	55,0	64,99	35.770
2004	2,8	192	53,7	59,11	31.756
2005	3,1	200	62,3	61,89	38.534
2006	3,4	193	65,0	60,47	39.324
2007	3,2	208	67,2	67,46	45.311
2008	2,9	204	59,5	69,82	41.526
2009	2,4	197	48,0	73,55	35.291
2010	3,0	195	59,4	59,18	35.155
2011	3,6	194	70,6	50,87	35.899
2012	3,3	188	61,8	49,83	30.802

Fuente: Magrama.

Las zonas tradicionales se cultivan fundamentalmente en verano y su destino es mayoritariamente la industria del congelado y conservera, mientras que la producción de las zonas cálidas se destina al consumo en fresco, como brotes o como espinaca troceada en bolsas para cocinar.

4.1. Costes de producción

Los costes de producción varían significativamente en función de la modalidad de cultivo, época del año y ubicación. Lógicamente, resulta más económica la espinaca cultivada en Navarra o Albacete para congelado que la *baby leaf* cultivada en el sureste español, Murcia o Almería.

El precio de venta de la espinaca *baby leaf* se sitúa entre 1,2 y 1,3 euros/kg, mientras que la adulta puede variar entre 0,6 a 0,8 euros/kg. La espinaca *baby leaf* o brotes de espinaca va destinada fundamentalmente a las fábricas de ensaladas procesadas y por lo tanto, tiene un precio establecido en función del cliente y el período del año; mientras que la espinaca adulta destinada a la industria de congelado y cultivada en períodos del año más favorables, siempre tiene unos precios más ajustados, alrededor de los 0,5 a 0,6 euros/kg. La espinaca adulta destinada a consumo en fresco se cotiza siempre un poco más alta, sobre todo en el período de invierno, cuando la producción es más limitada.

Tabla 3. Costes de producción de la espinaca

Conceptos	Espinaca adulta	Espinaca brotes
Plantas/ha		
Cosecha kg/ha	*18.000*	*7.500*
Aprovechamiento (%)		
Costes variables	**5.929**	**5.556**
Agua	*1.050*	*665*
Fertilizantes orgánicos y minerales	*890*	*723*
Agroquimicos	*633*	*519*
Mano de obra	*1.447*	*1.000*
Plantas y semillas	*264*	*1.113*
Materiales	*183*	*136*
Maquinaria	*1.462*	*1.400*
Costes fijos	**2.618**	**2.291**
Costes estructurales	*1.100*	*773*
Amortizaciones	*650*	*650*
Arrendamientos y otros	*868*	*868*
Coste total por ha (euros)	**8.547**	**7.847**
Coste unitario (euros/pieza)	**0,4748**	**1,0463**

5. Retos y perspectivas de futuro

La espinaca es un cultivo en crecimiento, sobre todo pensando en la exportación para las plantas de ensaladas procesadas de toda Europa. El uso para consumo en fresco se esta incrementando por sus propiedades saludables, y España dispone de las pocas zonas de clima cálido en Europa en las que se puede cultivar en invierno al aire libre. Es decir, que al margen de la producción para congelado, que es actualmente mayoritaria, la producción destinada al consumo en fresco, como *baby leaf* se está desarrollando significativamente, aportando valor añadido a este producto y el sureste español es ideal para cultivar en invierno y cerrar el ciclo productivo de todo el año. El problema es que transportar *baby leaf* al norte de Europa es costoso y por lo tanto, no podemos competir con las producciones locales.

Es importante disponer de variedades resistentes a enfermedades y agroquímicos registrados en España que sean efectivos contra las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo y con un plazo de seguridad reducido, dado que la modalidad de *baby leaf* tiene un ciclo corto.

El reto principal consiste en mejorar todos los aspectos de la producción de espinaca *baby leaf* para conseguir la calidad requerida y unos rendimientos altos. Concretamente, variedades, maquinaria, procedimientos culturales y poscosecha que mejoren la productividad, calidad y vida útil del producto.

Hay que prestar especial atención a los aspectos relativos a la seguridad alimentaria, que garanticen la sanidad del producto, evitando posibles contaminaciones microbianas y contenidos en nitrato elevados. Este es uno de los retos más importantes.

Referencias bibliográficas

DEFRA (2015): *Basic Horticultural Statistics 2014*.

FAOSTAT: *Estadísticas oficiales*.

FEPEX: *Estadísticas exportación e importación productos hortofrutícolas.*

Giambanco De Ena, H. (2009): *Historia de la espinaca.*

Magrama (2015): *Anuario de estadística 2014*.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura herbácea especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Moreiras *et al.* (2013): «Espinacas»; *Verduras y hortalizas*. Fundación Española de la Nutrición.

Rijk Zwaan (2015): *Spinach Diseases*.

Irigoyen, I. y Muro, J. (2003): «Presente y futuro del cultivo de la espinaca»; *Vida Rural* X(172); pp. 46-48.

Torregrosa, A. (2004): «Mecanización del cultivo de la espinaca»; *Revista Horticultura* XXII(1); pp. 50-55.

Rodríguez Eguilaz, J. J. (2007): «Guía de cultivo de: espinaca para industria»; *Navarra Agraria* (162).

Serrano Cermeño, Z. (1976): «Cultivo de la espinaca»; *Hojas divulgadoras* (6-76 H). Madrid, Ministerio de Agricultura; pp. 18.

Acelga

Juan Antonio Marhuenda Berenguer[a] *y Juan García Vergara*[b]
[a]Ingeniero agrónomoy [b]director técnico de cultivos SAT Primaflor

1. Introducción

El origen de la acelga está vinculado a las tierras bañadas por el mar Mediterráneo, sur de Europa y norte de África. Algunos expertos consideran Italia como primera referencia para su utilización en la alimentación. También se encuentran textos que hablan de un posible consumo de esta verdura en Mesopotamia durante el siglo IX a. C. Las acelgas han supuesto un aporte alimenticio para animales y humanos desde el Neolítico, aprovechando sus hojas y raíces. Durante la antigüedad fue habitual disfrutarla en mesas de Egipto, Grecia, Roma o el mundo árabe, que fueron los primeros en cultivar esta hortaliza y aprovechar sus amplias propiedades medicinales y terapéuticas. Posteriormente el papel de la acelga en la cocina quedó reducido a recetas para personas con escaso poder económico y forraje para animales. A lo largo del siglo XIX incluso se abandonó el consumo de su raíz, destinándose esta a la producción de azúcar o extracción de alcohol. Otras variedades no aptas para el consumo humano o la producción comercial quedaban para alimentación animal. Afortunadamente el consumo de acelgas en los hogares remontó el vuelo convirtiéndose, junto a las espinacas, en dos verduras fundamentales para llevar a cabo dietas sanas.

En el ámbito mundial la acelga es muy poco conocida. No llegó a EEUU hasta los inicios del siglo XIX; sin embargo, hoy en día es uno de los principales países consumidores, junto con zonas de Asia, Italia, Francia, Holanda, Bélgica, Alemania y Reino Unido. En España se considera un cultivo minoritario con escaso peso dentro de la horticultura. En la Península Ibérica destaca en las comunidades del norte, centro y este, incluyendo Murcia, Valencia y Cataluña como principales productoras. Internacional existen plantaciones de una gran extensión, sobresaliendo los países de Europa central y meridional, así como América del Norte y Asia, donde fue introducida por los europeos. Durante los años 80 y 90 del pasado siglo se produjo un aumento en la pro-

ducción de acelgas en estas dos áreas debido a la proliferación de plantaciones bajo plástico que adelantaban las cosechas, reduciendo además la utilización y el gasto en agua.

2. Botánica, taxonomía, morfología y fisiología

La acelga es una planta bianual de la familia de las quenopodiáceas, especie *Beta vulgaris* L. var. *cycla*. Con un sistema radicular profundo y hojas grandes de forma oval acorazonada, abullonadas o lisas según variedad, tienen un pecíolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo, siendo las hojas la parte comestible de esta planta.

Si la planta no es recolectada, o se dedica a la obtención de semillas, se desarrolla ramificándose y emitiendo flores. La semilla queda atrapada en el fruto o glomérulo (2 a 4 semillas por glomérulo).

La acelga presenta una diversidad limitada. Esto se refleja en el escaso número de variedades cultivadas. Su clasificación se establece en función del color, el tamaño de sus hojas y pecíolos o pencas. La acelga es una verdura cultivada durante todo el año, aunque el cultivo de la acelga en España es secundario en importancia dentro de las hortalizas (representa un 0,67 % del total de producción).

3. Cultivo

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias, le perjudican bastante los cambios bruscos de estas y cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie la subida a flor. La planta de acelga es muy sensible a las heladas. Estas si son leves pero sucesivas pueden producir daños graves en la hoja, llegando a depreciar totalmente el producto. Por debajo de -6 ºC las plantas perecen.

La temperatura óptima para el desarrollo se sitúa entre 15 y 25 ºC, interrumpiendo el desarrollo vegetativo por debajo de 6 ºC y por encima de 30 ºC.

Es una planta poco exigente en luz, perjudicándole cuando esta es elevada, más si va acompañada de un aumento de la temperatura.

Respecto a su fotoperíodo, florece en días de 12 horas de luz en adelante. En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas, y puede comportarse como perenne debido a

la ausencia de invierno marcado en estas regiones. La acelga necesita suelos de consistencia media; vegeta mejor cuando la textura tiende a arcillosa que cuando es arenosa. Requiere que sean profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en materia orgánica. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad, resistiendo bien a cloruros y sulfatos. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7,2, vegetando en buenas condiciones en los comprendidos entre 5,5 y 8. No tolera los ácidos.

Dentro de las variedades de acelga hay que distinguir las características siguientes:

- Color de la penca: blanca o amarilla.
- Color de la hoja: verde oscuro, verde claro, amarillo.
- Grosor de la penca: tamaño y grosor de la hoja; abullonado del limbo.
- Resistencia a la subida a flor.
- Recuperación rápida en corte de hojas.
- Precocidad.

El material vegetal que encontramos en el mercado no es muy numeroso y se puede encuadrar en dos grupos:

- 'Amarilla de Lyon'. Hojas grandes, onduladas, de color verde amarillo muy claro. Penca de color blanco muy puro, con una anchura de hasta 10 cm. Producción abundante. Resistencia a la subida a flor. Muy apreciada por su calidad y gusto.
- Verde con penca blanca 'Bressane'. Hojas muy onduladas, de color verde oscuro. Pencas muy blancas y muy anchas (hasta 15 cm). Planta muy vigorosa, por lo que el marco de plantación debe ser amplio. Variedad muy apreciada. Otras variedades de este grupo son 'R. Niza', 'Paros' y 'Fordook Giant'. La mayoría de las que hoy se comercializan son selecciones de estos cultivares originarios. La elección de la variedad está marcada por el mercado, normalmente acelgas de tipo 'Amarilla de Lyon', para el mercado en fresco, aunque también se utilizan variedades de hoja verde, sobre todo cuando se recolectan con hoja pequeña. En la agroindustria se emplean exclusivamente variedades de hoja verde.

La acelga requiere suelos bien acondicionados para mostrar su mejor desarrollo y producción. Es muy sensible al apelmazamiento y encharcamiento del suelo, de forma que cuando se produce, el desarrollo de las plantas se ve reducido y la producción disminuye notablemente. Por esta característica de la planta, y por la amplia duración de su cultivo, es vital una perfecta preparación del suelo, en profundidad, eliminando las posibles suelas de labor y dotando de una estructura suficiente para todo el ciclo de cultivo.

En plantaciones de verano-otoño se trabajará el suelo en profundidad, estando este seco y con aperos de reja profunda, tipo subsolador. No es interesante además desmenuzar demasiado el suelo para evitar la compactación posterior. Se dará una labor profunda al suelo y si se aporta estiércol se aprovechará la labor para enterrarlo. A continuación se darán un par de labores de cultivador, grada o fresadora, aprovechando alguna de esas labores para aportar el abonado de fondo. La última labor se hará con un apero que deje lisa y enrasada la superficie del suelo, sin zonas deprimidas en donde se acumule al agua del riego, ya que se dará en esa zona mayor compactación.

Según la forma de recolección de la acelga, la preparación del suelo será diferente. Así, cuando la recolección se hace por corte de hojas se puede cultivar en caballón o en era. Las mesas de cultivo tendrán una separación entre sí de 0,90 a 1 m.

La siembra puede hacerse directa o por trasplante, ambos métodos son adecuados. La preferencia por uno u otro viene determinada por factores locales y por la importancia que se le asigne al cultivo. La siembra directa se realiza con máquinas sembradoras en mesas de cultivo de 1,40-1,60 m. La profundidad de la siembra oscila entre 0,5-1,0 cm en función de las condiciones del suelo y el tipo de riego. Colocando de 2 a 3 semillas por golpe, distantes 0,35 cm sobre líneas espaciadas de 0,4 a 0,5 m, ya sea en surco sencillo o doble.

La densidad de cultivo de la acelga también depende del tipo de recolección que vayamos a hacer. Si el destino del cultivo es una recolección continuada en el tiempo cortando hojas, se colocan 7 plantas/m^2 para posibilitar un espacio suficiente, tanto para el cultivo, como para una recolección adecuada y cómoda, ya que al cosechar no liberamos el terreno y las operaciones de recogida y envasado son más dificultosas. Si la recolección se lleva a cabo cortando la planta entera es recomendable una densidad mayor, 15 plantas/m^2, que permita una mayor producción.

Las épocas de siembra de acuerdo a la zona son las siguientes:

- En zonas frías, la época de siembra es de octubre a marzo y alcanza la madurez entre los 50 y 60 días.
- En zonas cálidas/templadas se siembra durante todo el año y alcanza la madurez entre los 55 y 65 días.

Figura 1. Acelgas con distintos colores de penca

Durante los primeros estadios de la planta es común dar labores de bina al suelo. Cuando las plantas son más adultas esta operación se sustituye por una escarda manual o química que mantenga al suelo limpio de malas hierbas. Si se acolcha el suelo estas labores solo se realizarán antes de su instalación. Es recomendable un acolchado total de la superficie con láminas de color negro de 100 a 200 galgas. Esta técnica nos evitará en gran medida el problema de malas hierbas, además de simplificar el riego del cultivo y el manejo de la humedad. La colocación del acolchado se llevará a cabo una vez concluida la preparación del suelo y, si es posible, con un cierto grado de humedad en el mismo. Es importante una buena sujeción de la lámina plástica al firme para que no se mueva perjudicando a las plantas.

Si el cultivo se realiza en llano, ocupando todo el espacio del suelo del invernadero, entonces se ponen franjas lo más anchas posible, solapándose unas

con otras y cubriendolo todo. El plástico debe quedar lo más tenso posible y muy pegado a la tierra, con el fin de que las plántulas de malas hierbas tengan poco volumen de aire para su desarrollo.

Es un cultivo exigente en materia orgánica, es aconsejable aportar 2,5-3 kg/m^2 de estiércol para obtener el máximo rendimiento. Los requerimientos de nitrógeno son elevados desde que comienza el rápido crecimiento de la planta hasta el final del cultivo. Las necesidades de potasio también son elevadas a lo largo de todo el ciclo.

La acelga es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita, en todo momento, mantener en el suelo un estado óptimo de humedad. Para obtener una hortaliza de buena calidad no conviene que la planta acuse síntomas de deshidratación durante las horas de mayor temperatura en el invierno, para evitar que los tejidos se embastezcan. Una vez realizada la plantación se aportará un riego lo suficientemente profundo como para humedecer todo el perfil del suelo. Es muy importante en esta fase no provocar encharcamiento para el desarrollo adecuado de las plantas. Así pues este primer riego tendrá muy presente el drenaje y la velocidad de infiltración del suelo (textura del suelo).

La recolección de la acelga puede hacerse de dos formas, bien recolectando la planta entera cuando tenga un tamaño comercial de entre 0,75 y 1 kg de peso, o bien retirando manualmente las hojas a medida que estas van teniendo un tamaño óptimo. En el primer caso, la recolección no supone ninguna dificultad. En el momento adecuado de desarrollo, se corta la planta dando por finalizado el cultivo. En este tipo de producción en los ciclos señalados es esperable una producción de entre 15 y 20 kg/m^2 de acelga. En el segundo, las hojas del tamaño comercial adecuado se van separando del tallo en cada pase de recolección, dejando la planta que vegete nuevamente, hasta que las hojas que hemos dejado más pequeñas, vuelvan a crecer y se vuelvan a recolectar. Este sistema requiere de un trato adecuado a la planta para evitar que las heridas producidas al separar la hoja del tallo afecten negativamente. El corte debe ser limpio, sin desgarros. Igualmente importante es no cortar hojas demasiado pequeñas que suponga un debilitamiento de la planta, una ralentización de su desarrollo y, en definitiva, una merma en su potencial productivo. La longitud de las hojas es un indicador visual del momento de la cosecha (25 cm), siendo el tiempo otro parámetro, 60-70 días el primer corte y después cada 12 a 15 días. Es recomendable cortar las hojas con cuchillos, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que podría provocarse la muerte de la planta.

Figura 2. Recolección a mano de acelga de penca roja para su consumo en fresco

3.1. Plagas, enfermedades y fisiopatías de la acelga

Las plagas más comunes que afectan al cultivo en el sureste de España son los pulgones, las orugas de lepidópteros en los períodos de verano y otoño, y también, el minador de hojas, tanto la mosca con sus picaduras, como las larvas produciendo galerías, que deterioran el producto comercialmente.

En cuanto a las enfermedades más comunes y más agresivas son *Peronospora, Cescospora* y *Botrytis*.

Al tratarse de un cultivo menor y no disponer de productos fitosanitarios registrados se hace muy difícil combatir las plagas y enfermedades del mismo.

Las virosis más comunes que afectan a la acelga son: el mosaico de la remolacha, el amarilleo de la remolacha y el Virus I del Pepino. Todos ellos provocan un amarilleo y rizado de las hojas, junto a manchas de color verde pálido u oscuro. Para evitar su aparición es conveniente emplear semilla sana certificada, libre de virus y controlar los insectos transmisores de la virosis.

La fisiopatía más común es la producida por el frío. En el caso de heladas fuertes y continuadas puede sufrir daños por el efecto de la baja temperatura, que se muestran como un desprendimiento de la epidermis de la zona del nervio de la hoja, la penca. Si este desprendimiento es muy grave puede llegar a desgarrar la epidermis oxidándose posteriormente esa zona, depreciando su valor comercial.

4. Composición

Se consume principalmente cocida. Es laxante y digestiva. Es muy recomendada en dietas de control de peso al ser muy saciante, nutritiva y con pocas calorías. A lo largo de la historia le han otorgado una gran cantidad de beneficios medicinales: anticancerígeno, diurético, depurador, favorece el tránsito intestinal, ayuda a la buena formación del feto durante el embarazo, etc. Las acelgas son muy ricas en vitaminas y minerales, aportan mucho yodo, hierro y magnesio y algo menos potasio y calcio. Además, aportan folatos, vitamina C, vitamina A, niacina y luteína.

En los últimos años está creciendo su demanda por parte de la industria agroalimentaria, bien en congelado o conserva, o bien procesado fresco para IV gama. Actualmente gran parte de la producción se obtiene hoja a hoja en oleadas o golpes sucesivos tras permitir el desarrollo de nuevas hojas, siendo menos frecuente la recolección de la planta entera.

5. Importancia económica

Los datos del Ministerio de Agricultura relativos al 2013 nos muestran la evolución de superficies, producción y rendimientos.

Tabla 1. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Hortalizas de hoja o tallo-acelga

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100 kg)	Valor (miles de euros)
2002	2,8	274	76,0	35,42	26.912
2003	3,1	295	91,0	39,44	35.883
2004	2,9	256	75,3	36,04	27.145
2005	2,4	252	60,8	37,77	22.980
2006	2,4	265	63,9	46,75	29.895
2007	2,4	275	67,2	51,63	34.675
2008	2,3	280	64,7	46,56	30.141
2009	2,1	312	66,5	40,72	27.077
2010	2,2	272	59,4	42,03	24.960
2011	2,1	286	59,0	37,01	21.823
2012	2,3	265	61,6	40,35	24.871

Fuente: Magrama.

La superficie destinada a la producción de acelga en España se ha estabilizado en los últimos años en unas 2.000 ha con una producción de total de 60.000 t.

Tabla 3. Análisis autonómico de superficie, rendimiento y producción (2013). Hortalizas de hoja o tallo-escarola

CCAA	Superficie (ha)				Rendimiento (kg/ha)			Producc. (t)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
Galicia		109	17	126		56.879	60.748	7.233
Princ. de Asturias	4			4	20.000			80
Cantabria	1			1	13.000			13
País Vasco	28	74	6	108	20.150	24.703	35.750	2.607
Navarra		143	50	193		51.217	82.600	11.454
La Rioja		38	7	45		52.000	86.000	2.578
Aragón		9		9		25.000		225
Cataluña	2	542		544	5.870	18.684		10.138
Baleares		44		44		17.050		750
Castilla y León		61		61		17.369		1.060
Com. de Madrid		36	39	75		10.000	20.000	1.140
Castilla-La Mancha		98		98		17.959		1.760
Com. Valenciana	8	205		213	10.000	23.259		4.848
Reg. de Murcia		61		61		27.500		1.678
Extremadura		32		32		20.000		640
Andalucía	1	642		643	8.000	22.143		14.224
Canarias	11	52	7	70	1.752	19.095	28.260	1.210
España	55	2.146	126	2.327	14.113	25.118	55.215	61.638

Fuente: Magrama.

Por comunidades, Andalucía es el primer productor con 552 ha de cultivo, seguida de Cataluña con 358 ha y Valencia con 205 ha.

En España el cultivo de la acelga tiene cierta importancia en algunas zonas del litoral mediterráneo (Barcelona, Murcia, Valencia, y Málaga) y también en Badajoz, Madrid y Zaragoza. El consumo en fresco aumenta ligeramente ya que está en el mercado todo el año. La industria está ofreciendo novedades: mata entera para hoja y penca, o segada similar a la espinaca. . En los últimos años ha tenido lugar un ligero incremento de la producción. El principal país de destino de las exportaciones españolas es Francia.

5.1. Costes de producción

Los costes de producción varían significativamente en función de la modalidad de cultivo, época del año y ubicación. Lógicamente, es más económica la cultivada al aire libre que la producida en invernadero.

Tabla 3. Costes de producción de la acelga. En euros/ha

Conceptos	Invernadero	Al aire libre
Plantas/ha	*110.000*	*120.000*
Cosecha kg/ha		
Aprovechamiento (%)		
Costes variables	**13.200**	**11.500**
Agua	*2.200*	*2.000*
Fertilizantes orgánicos y minerales	*900*	*900*
Agroquimicos	*1.400*	*1.400*
Mano de obra	*5.000*	*4.000*
Plantas y semillas	*1.100*	*1.100*
Materiales	*1.000*	*500*
Maquinaria	*1.600*	*1.600*
Costes fijos	**5.100**	**3.200**
Costes estructurales	*1.100*	*1.100*
Amortizaciones	*2.000*	*1.200*
Arrendamientos y otros	*2.000*	*900*
Coste total por ha (euros)	**18.300**	**14.700**
Coste unitario (euros/pieza)	**1,386**	**1,278**

6. Retos y perspectivas de futuro

Mundialmente la acelga es muy poco conocida. En España se considera un cultivo minoritario con escaso peso dentro de las hortalizas, suponiendo tan solo un 0,47 % sobre la producción total, el cual corresponde en su mayoría a regadío al aire libre. Se distribuye por toda la geografía nacional, si bien las comunidades autónomas de Andalucía, Cataluña y Navarra abarcan en su conjunto el 53 % de la superficie total. En los últimos diez años la tendencia general indica una disminución de la producción.

Una pequeña parte de esta tiene como destino el mercado europeo, en su mayor parte a Francia. En España existe un consumo importante de acelga, que dentro de la Unión Europea es casi exclusivo de nuestro país.

Mientras que en el canal tradicional, la acelga se presenta principalmente en formato granel, en el canal moderno se añade valor al producto mediante presentaciones más elaboradas, características más homogéneas y selección de mercancía de mayor calidad. El consumidor no cuenta con una gran diversificación de tipologías de productos y presentaciones para el producto en fresco; sin embargo, como producto procesado se puede encontrar en el mercado en distintas modalidades (conserva, congelado o IV gama).

Referencias bibliográficas

Garcia Zumel, M. (2012): «El cultivo de la acelga»; *Cultivos herbáceos intensivos.* ETSIIAA de Palencia-Universidad de Valladolid.

Giambanco de Ena, H. (2009): *Historia de la acelga.*

Giner, A; Aguilar, J. M.; Nuñez, A.; Najera, I.; y Baixauli, C.: *Producción de Acelga, de penca blanca y verde, para recolección en primavera.* Fundación Cajamar Valencia.

Hoyos, P.; Alvarez, V. y Rodriguez, A. (2004): *Producción de la acelga en función del tipo de recolección.* Dpto. de Producción Vegetal de la Universidad Politécnica de Madrid.

Magrama (2012): *Acelga. Precios semanales en la cadena de comercialización*.

Magrama (2015): *Anuario de estadística 2014*.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura herbácea especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Moreiras *et al*. (2013): «Acelgas»; *Verduras y hortalizas*. Fundación Española de la Nutrición.

Apio

Josefa López Marín
Investigadora del IMIDA

1. Introducción

Aunque sus vestigios más remotos se localizan en el antiguo Egipto, su presencia espontánea se sitúa en el área de la cuenca mediterránea, sobre todo en países ribereños de Europa y África, en zonas húmedas y salinas. También existen referencias que indican su presencia en otras latitudes, como el Cáucaso y las estribaciones del Himalaya, pero de forma más limitada.

2. Características botánicas (taxonomía, morfología y fisiología)

Taxonomía

De la familia de las Umbelíferas, las dos variedades botánicas cultivadas, *Apium graveolens* L. var *dulce* Pers y A. *graveolens* L. var *rapaceum* D. C., los mayores antecedentes como especie cultivada corresponden a la primera, mientras que los referidos a *rapaceum* son relativamente recientes y de finales del siglo pasado.

Morfología

Es una planta bienal, presenta un sistema radicular compuesto por un órgano principal dotado de una raíz pivotante muy significada, de naturaleza fibrosa y carnosa, complementado por otro secundario, adventicio muy profuso y localizado superficialmente. En los crecimientos iniciales de la planta, el tallo se muestra como un disco basal desde donde se generan las hojas, muy lustrosas, alternas, a modo de roseta. El pecíolo de estas hojas, un poco más ancho en su base, está surcado longitudinalmente por unas nervaduras de mayor consistencia que el resto. Las hojas ofrecen limbos pinnado, divididos doble o triplemente en tres segmentos cuneiformes dentados en el ápice; las centrales están situadas en torno al escapo central de la planta o «corazón» del apio, donde aparecen agrupadas y con sus pecíolos poco desarrollados (Maroto, 2002).

Morfometricamente, en el primer año de crecimiento la canopia puede tener una altura alrededor de los 60 cm, la cual se incrementará en el segundo año de desarrollo, evolucionando el tallo y coronándose en una inflorescencia en forma de umbelas casi sentadas, pecioladas, dotadas de 6 a 12 radios desiguales, que sustentan en torno a 12 flores; estas últimas, de color blanquecino, están desprovistas de involucro e involucelo. Los frutos, en diaquenio, son equiparados a semillas, son de color marrón y forma triangular, aplastados por una cara y curvados por la opuesta. Además están recorridos por dos nervios resiníferos que contienen aceites esenciales, cuyo aroma lo impregna y que se extiende por toda la planta.

Fisiología

Los aspectos de mayor relevancia en este capítulo son el referente a la latencia de la semilla, y a la aparición de fisiopatías en la planta, al no cubrirse determinadas exigencias ambientales durante su cultivo, influyendo de forma sustancial el carácter varietal del material vegetal utilizado.

En cuanto a la latencia de la semilla, es muy irregular y está muy marcada, atribuyéndosele mayor o menor grado, según la localización de la umbela en donde se haya formado, existiendo factores que van vinculados entre sí, tal como atribuir mayor resistencia a la fisiopatía cuanto más marcada es la latencia.

Antiguamente, la latencia se modificaba con hormonas de síntesis, como las giberelinas, y fitorreguladores como el etefón. También existe una interacción de las condiciones ambientales y la incidencia de la latencia, siendo temperatura, luz, humedad relativa, etc., las variables climáticas más relacionadas con ello. Dándose una gran irregularidad en las siembras estivales, recomendándose la reducción de la radiación, aplicando sombreados como práctica obligada.

En cuanto al crecimiento de la planta, sobre todo de los pecíolos de las hojas o pencas, y a los acortamientos de los ciclos de cultivo, los tratamientos con ácido giberélico en determinadas fases fenológicas del desarrollo vegetativo ha quedado en desuso. Han sido sustituidos por el uso de pequeñas protecciones de cubierta, como filmes continuos de plástico multiperforado o tejidos permeables discontinuos de mantas térmicas o cubiertas flotantes, ya que la incidencia de las bajas temperaturas, inferiores a 10 ºC, en las primeras fases del crecimiento en las primeras semanas, rompe la vernalización de la planta y provoca su subida prematura a flor.

3. Cultivo

3.1. Ciclos de cultivo

Los dos ciclos de cultivo que se realizan en la Región de Murcia y zonas homoclimáticamente similares, son el de verano-otoño y el de primavera (González *et al.*, 2000). El primero es el natural y tradicional de ambientes mediterráneos y donde encuentra mayor competencia con la producción israelí. En este caso las siembras del primer ciclo se realizan en semilleros especializados en el período comprendido entre julio y agosto, y los trasplantes se escalonarán a partir de primeros de septiembre; en muchos casos, para fortalecer la plántula con vistas a las exigencias del trasplante, estas son podadas en el mismo semillero, decapitando las primeras hojas, a unos 2 cm de altura.

En el segundo ciclo, con recolecciones en primavera y comienzos de verano, y que es el que se practica en los países importadores, es para ellos necesario en las primeras fases del cultivo el empleo del invernadero complementado por la calefacción, por lo que sus producciones son de mayor coste, y las cuales deben ser reforzadas, a veces, por otras partidas frigoconservadas para atender sus compromisos. En cambio, en latitudes mediterráneas y ambientales similares, con siembras desde mediados de otoño en invernaderos especializados, con un ligero apoyo térmico durante este período para asegurar sus exigencias climáticas, y trasplantes desde primeros de diciembre, es perfectamente viable el cultivo al aire libre con el apoyo de protecciones ligeras, como las mantas térmicas flotantes o láminas de polietileno multiperforado, hasta unos días antes de su recolección, que se lleva a cabo durante la primavera (González *et al.*, 2002). En este segundo ciclo, el principal problema que puede presentar el cultivo es uno de índole fisiológico, la subida prematura a flor, provocado por no haberse cubierto las necesidades vernalizantes de las plantas, lo que conlleva un acelerado crecimiento de los órganos florales que impide el crecimiento normal de las hojas con sus pecíolos, con lo que se deprecia totalmente la producción perdiendo su valor comercial. Para paliar la incidencia de esta fisiopatía se mantienen mínimos térmicos en la formación de plantas en el semillero, en sincronía con la duración del fotoperiodo reinante y utilizando variedades con mayor resistencia a esta afección fisiológica, como las antiguamente clasificadas como *slow bolting*.

3.2. Material vegetal

La demanda del mercado del apio se ve reflejada en dos grandes grupos que abarcan el conjunto de variedades comerciales. Estos agrupan a todos los cultivares comerciales según sus colores, en verdes, en los que en la actualidad priman las tonalidades claras o pálidas y que son susceptibles de adquirir la tonalidad blanca en sus pencas con la aplicación de técnicas de cultivo, y amarillos o autoblanqueantes. En la propuesta de las casas de semillas de material vegetal, la gran mayoría de los ejemplares disponibles son variedades con escasa presencia de híbridos F1, y de las que aconsejan su idoneidad para su uso en determinados ciclos de cultivo (Marín, 2015).

Ambas, además de un color determinado, han de poseer unas características generales básicas, como resistencia a subida prematura a flor y tolerancia al ahuecado, plantas homogéneas con hojas agrupadas y buen número, que proporcionen pesos medios óptimos, buena calidad de los pecíolos de las hojas o pencas, expresada en grosor y longitudes adecuadas, con el primer entrenudo alto, con sabor dulce, textura poco fibrosa y poca «cuchara» en su base.

Las variedades de color verde, oscuro, medio, claro, brillante, intenso, etc., presentan como particularidades botánicas su rusticidad, mayor crecimiento vegetativo y más tolerancia a las alteraciones medioambientales. De acuerdo con el ciclo productivo que puedan tener, pero siendo susceptibles de ser usadas en otras épocas, y considerando precoz el de recolección de otoño-invierno, podrían utilizarse para ello a: 'Arcadius', 'Gerónimo RZ', 'Monterey F1', 'Mambo', 'Mulhacén', 'Tall-Utah' y su selección Florida 683, razas de 'D´Elne', 'Imperial RZ', etc. Para ciclo medio se recomiendan variedades como: 'Conga', 'Julius', 'Mambo', 'Kelvin RZ F1', 'Tango', 'Plein Blanc Lepage', 'Verde Pascal', etc. Y para ciclos tardíos se sugieren a: 'Búfalo' y 'Lleno Pascal', como específicos, y versátiles para este y otros ciclos a razas de: 'D´Elne', 'Gerónimo', 'Monterey F1', 'Plein Blanc Lepage Selección Oregón', 'Kelvin RZ F1', etc.

Las variedades de color amarillo o dorado son solicitadas en mercados más específicos y tienen mayor problemática de cultivo. Las más utilizadas son: 'Golden Spartan', para amplitud de ciclos productivos; 'Golden Spartan Puma', para medios y tardíos y 'Loretta F1'; también de amplio espectro de uso, 'Golden Self Blanching', 'Blanco Lleno Dorado Chemin', etc. Entre los cultivares verdes con posibilidad de autoblanqueo tenemos a: 'Artur RZ', 'D`Elne raza Medicis', 'Verdon', etc.

3.3. Tecnología de cultivo

3.3.1. Siembra

Para uso agrícola se estima que en 1 g puede haber de 2.500 a 3.000 semillas desnudas, las cuales poseen un poder germinativo de 4 a 5 años, conservadas en condiciones adecuadas. En semilleros realizados con semilla desnuda se pueden obtener unas 15.000 plantas por cada 10 g de semillas, debiendo emplearse de 2 a 4 semillas por golpe, depositándolas a 0,2 cm de profundidad y estimándose un período de tiempo de unos 25 días para que se produzca la germinación, siempre que se mantengan valores adecuados de humedad y temperatura, presentando como valores óptimos de esta última los 20 ºC, y tolerando máximos de hasta 30 ºC y mínimas de 5 ºC.

Actualmente, en las zonas de gran cultivo, como la Región de Murcia, la siembra se hace con semilla pildorada, en bandejas alveoladas de poliestireno, usando como base un sustrato estándar y cuya ejecución está totalmente mecanizada (González *et al.*, 2000). Las bandejas, tras la siembra, pasan a la cámara de pregerminación, donde se mantienen a 18 ºC de temperatura y un 90 % de humedad relativa durante 72 horas, aproximadamente, tras las cuales, y ante la aparición del hipocotilo, son trasladadas al invernadero, en el que se deberán mantener temperaturas entre 17 y 20 ºC y donde se desarrollará todo el proceso de crecimiento hasta llegar al tamaño adecuado para efectuar su trasplante en terreno definitivo.

Según el ciclo productivo del cultivo al que se destinen las plántulas, el invernadero será sombreado en el de invierno, o mantendrá un mínimo térmico determinado en el de primavera y, en ambos casos, para garantizar un nivel térmico entre 13 y 15 ºC, para evitar la inducción de subida prematura a flor de las plantas (Maroto, 1991).

Para el ciclo productivo de invierno, las siembras se realizan desde primeros de julio hasta finales de agosto, correspondiéndose con unos trasplantes que se iniciarían desde últimos de agosto a finales de octubre, para hacer unas previsiones de comienzo de recolección desde noviembre a mediados de marzo.

En cuanto a la producción de primavera, las siembras se programarán para la primera quincena de noviembre, para trasplantar durante los meses de enero y febrero, y esperar realizar la recolección desde mediados de abril, pudiendo prolongarse, incluso, hasta junio.

El desarrollo radicular de las plántulas se puede fomentar para trasplantes de finales de verano, segando la parte aérea cuando tiene unos 15 cm, dejando alrededor de 2 cm. Y si se debiera retrasar el trasplante, aún se podría segar una segunda vez a la altura de 4 cm; esta práctica solo se puede realizar en estos ciclos de cultivo, ya que en otros se induce la subida a flor.

3.3.2. Preparación del terreno

Aunque el apio no es una especie especialmente exigente en suelos, ya que admite cualquier tipo de ellos, es sensible a los encharcamientos, por lo que en las labores preparatorias del terreno definitivo es muy importante realizar una buena labor de desfonde con subsolador, acompañada por otra de vertedera y unos de fresado finales, para conseguir dejar esponjoso todos los horizontes del suelo donde se efectúa el desarrollo del sistema radicular. Sobre todo en aquellos terrenos de textura franco arcillosa, tan frecuentes de las comarcas agrícolas donde tiene su mayor implantación.

3.3.3. Trasplante

El trasplante se hace preferentemente en bancada, lo que se ejecuta utilizando una acaballonadora a continuación de la preparación del suelo, formando surcos de 40 cm de anchura en la meseta superior y dejando 1 m de separación entre centros de meseta. Cuando el terreno no ha quedado bien preparado se puede utilizar una tilde, máquina mixta de fresadora y acaballonadora, que lo refina; también puede estar dotada de elementos auxiliares, como, un nivelador laser, ciertos distribuidores de insecticidas, marcadores y plantadores para mecanizar el trasplante, etc.

Tras la colocación de las mangueras de riego sobre las mesetas se lleva a cabo el trasplante, hundiendo en la tierra el cepellón de la plántula hasta la zona del cuello. La distribución del material vegetal se hace al tresbolillo, en líneas separadas entre sí unos 15 cm y quedando unos 40 cm entre plantas, lo que supondría una densidad de plantación de 120.000 plantas/ha (Vicente y López, 1996a). Este diseño puede variar en función del ciclo de cultivo, de acuerdo con las condiciones ambientales en las que se desarrolla, ya que en el ciclo de producción para primavera, la distancia entre líneas se amplía un poco, hasta los 20 cm, para evitar que la reducción de las dotaciones de luz en las fases de crecimiento pueda provocar la formación de hojas con pecíolos

estrechos, con lo que quedaría reducido a 100.000 el número de plantas por hectárea (Vicente y López, 1996b).

También la utilización de semiforzados, como las cubiertas flotantes, pueden propiciar una pequeña limitación de las dotaciones de luz aunque pueda ir acompañado de un mayor desarrollo de las plantas, por lo que el marco de plantación puede disponerse para unas densidades sobre las 112.000 plantas/ha (González *et al.*, 2001).

Figura 1. Planta bajo semiforzado

3.4. Riego y fertilización

A continuación del trasplante se recomienda dar un riego abundante, de unos 400 m^3/ha, al que le seguirá un período de sequía de un par de semanas, según la climatología reinante, para fomentar el desarrollo del sistema radicular; pudiendo favorecer también esto último la aplicación de este agua y algunos riegos sucesivos, hasta que la planta llega a tener de 3 a 4 hojas, con su suministro en riego por aspersión. El riego utilizado, cuando es localizado, se hace distribuyendo el agua mediante mangueras portaemisores de polietileno negro, con diámetros interior/exterior de 16/18 mm, y con goteros separados 40 cm entre sí, de 2 a 4 l/h de caudal nominal a una presión de 1 atm en la salida del cabezal. También se pueden utilizar cintas de exudación con los

goteros marcados y una densidad de goteros similar a la de los emisores en la manguera, pero que señalan con mayor rapidez la banda húmeda, aunque no está muy clara la duración de su vida útil con relación al coste de inversión (González *et al.*, 2001).

Durante el cultivo se programarán 2 o 3 riegos semanales, con un caudal discreto de 10 a 12 m^3, teniendo en cuenta que es una planta exigente en calidad de agua. Debiendo ser considerado seriamente cuando se fertirrigue, al elevar la conductividad de la solución el fertilizante añadido, no debiendo entre ambos sobrepasar los 1,8 dS/m (Vicente y Moreno, 2000). Ya que la conductividad eléctrica (CE) elevada ralentiza el crecimiento de la planta y la compacidad, dificultando además la asimilación del calcio del suelo, con lo que se aumenta el riesgo de aparición de fisiopatías, como la del «corazón negro» (*Black heart*). Cuando la temperatura se eleva en el ciclo de primavera y el tiempo tiende a ser más seco, la ejecución del riego a la caída del sol favorece la asimilación por la planta de elementos fertilizantes poco móviles.

Como caudales hídricos globales, se puede estimar un suministro entre 5.000 a 6.000 m^3/ha para el ciclo de invierno, si se hace con riego localizado, pudiendo alcanzar los 8.000 m^3/ha si se trata de riego tradicional. En ciclos de primavera con riego localizado, los caudales se reducen más aún, pudiendo ser suficiente entre 3.500 y 4.500 m^3/ha, ya que el acolchado negro de polietileno, de 15 a 20 micras de espesor, que se suele utilizar, unido a las cubiertas flotantes de polipropileno, de 17 g/m^2, habituales en este ciclo, reducen la evaporación del agua de riego, incrementando su efectividad y ahorro (Vicente y Moreno, 2000).

Para programar las necesidades alimenticias del cultivo hay que tener en cuenta que en comarcas productoras, como el Campo de Cartagena, se registran unas extracciones por ciclo de cultivo de 150 kg de nitrógeno, 50 kg de fósforo y 250 kg de potasio, ya que en cada tonelada de materia fresca cosechada se encuentran 3,5 UF de N, 1 UF de P_2O_5, 7,5 UF de K_2O, 1,6 UF de CaO y 0,5 UF de MgO. Siendo estas cifras solo orientativas, ya que las necesidades por período productivo pueden cambiar según ciclo realizado y la incidencia de las variables climáticas, contenidos y fertilidad del suelo, y por el tipo de material vegetal usado (verde, blanco o dorado).

Los déficits nutritivos, sobre todo en los suelos ligeros, pueden ser restituidos de dos maneras: una tradicional, empleando abonado de fondo seguido de una fracción complementaria en cobertera, y otra utilizado por las

grandes empresas, en su totalidad por fertirrigación. En el primer caso, ante todo hay que comprobar el contenido de materia orgánica del suelo, para que tenga un mínimo de un 1 %; para ello se efectúan aportes de estiércoles, como «gallinaza» y de bovino, en una proporción de 30 a 40.000 kg/ha, a los que pueden acompañar abonos minerales como algún complejo triple o sulfato de magnesio. Después, durante el cultivo, se aplicarán 120 UF de nitrógeno y 160 UF de potasio, como abono de cobertera.

En el caso de usar fertirrigación, unas cantidades aproximadas de elementos minerales en kg/ha, para obtener una producción bruta de 90 t/ha serían: 311 de N; 85 de P_2O_5; 680 de K_2O; 75 de Ca y 25 de Mg.

Lo que es importante tener en cuenta es, con independencia de la casuística que rodee al cultivo, algunas consideraciones generales como que en invierno se recomienda intensificar las dotaciones nutritivas al ser menor el ritmo de absorción por la planta, o que en primavera se ralentiza la absorción del fósforo. También, que las aportaciones con macroelementos deben ser aumentadas por adiciones de boro, magnesio y calcio, de los que el apio es deficitario. Además, que se podría establecer una interrelación entre las fases de crecimiento de la planta y la cadencia de los fertilizantes aportados, estimándose que durante los 45 días siguientes al trasplante hay que buscar un desarrollo rápido de la planta que deberá ir seguido por el del sistema radicular, aportándose para ello solo nitrógeno y fósforo. A continuación, debe de dirigirse la planta para detener la fase de roseta y fomentar la elongación de las hojas, para lo que ayudarán aportaciones de nitrógeno y potasio en una proporción de 1 N/0,1 K, dejando ya el fósforo que puede propiciar la subida a flor. Y finalmente, en la etapa siguiente, se debe provocar el engrosamiento de los pecíolos de las hojas y evitar el ahilamiento de la planta, para lo que las aportaciones de nitrógeno y potasio cambiarán sus proporciones a 1 N/2 K_2O, siempre que se mantengan buenos niveles de nitrógeno al final del ciclo productivo.

Cuando se cultiva una variedad de apio dorado, la fertilización hay que dirigirla para darle mayor porte a la planta, lo cual se consigue dando una aplicación de giberelinas, en una concentración de 20 ppm, cuando la planta tiene sobre 60 cm, a la que se le añadirá una fertilización foliar con urea a una dosis de 200 g/100 l de agua. Debiendo ser prudentes en el manejo de estas concentraciones, sobre todo, cuando se hacen con climatologías suaves, ya que el exceso podría provocar un ahuecado de pecíolos.

En cuanto a las dotaciones nutritivas, cuando se utilizan aguas de riego que llevan en disolución 2 o más meq/l de Ca y 1 de Mg, hay que considerar que aportarían ya el contenido suficiente para el cultivo de ambos elementos.

Para evitar la presencia de alguna fisiopatía, en fases de crecimiento rápido, se aconseja aportar foliarmente 75 UF de Ca y 25 UF de Mg.

En el caso de enterrar los restos de cultivo constituidos por raíces y hojas no recolectadas, hay que estimar una adición extra de elementos nutritivos y que, por término medio, podrían fijarse en 70 o 100 kg/ha de N, 70 kg/ha de P_2O_5, 150 a 200 kg/ha de K_2O y 15 a 20 kg/ha de MgO, que repercutirán en la fertilización del cultivo siguiente, a contabilizar, sobre todo a nivel del nitrógeno, en especial en suelos vulnerables.

Carencias

En este aspecto han aparecido diferencias de conducta entre los diferentes tipos de apio, dorado y verde, e incluso entre variedades dentro del mismo tipo, siendo una particularidad de fuerte componente varietal. Entre estas carencias se presentan de macro y de microelementos.

En las provocadas por macroelementos, las de nitrógeno, ocasionan un paro vegetativo de la planta, unido a un amarilleamiento general de la parte aérea, como resultado de la aparición de manchas amarillas internerviales en el limbo de las hojas. Por el contrario, el exceso de este elemento puede causar el ahuecamiento de los pecíolos.

La de fósforo hace que la planta pierda el ritmo normal de crecimiento, haciéndolo más rápidamente y de forma erguida las hojas exteriores, mientras que las internas, más jóvenes, lo detienen. Al mismo tiempo la superficie foliar de estas se reduce.

La carencia de potasio, igualmente, afecta negativamente el desarrollo de la planta. A lo que se une la aparición de una coloración ocre en los bordes de los limbos de las hojas adultas. Por el contrario, el exceso de este elemento, en presencia de suelos con pH elevados, puede ocasionar la fractura del primer nudo peciolar, si ello coincide con la presencia de vientos fuertes.

En la de calcio la lentitud del crecimiento inducida va acompañada con la aparición de bordes cloróticos en los foliolos de las hojas y en las nerviaciones, provocando pardeamientos de las hojas interiores. Si es muy fuerte aparece el «corazón negro».

En las causadas por déficits de microelementos, la de boro, produce pardeamiento de las hojas y agrietamiento de los pecíolos en las semanas previas a la recolección.

La de magnesio se manifiesta con una clorosis en los órganos aéreos desde dentro de la planta hacia fuera, las cuales terminarán amarilleando en su totalidad tornándose las nerviaciones de color verde claro.

3.5. Perfil epidemiológico

Aunque sea un cultivo al aire libre y por tanto muy expuesto a los ataques de plagas y enfermedades, al realizar parte de sus ciclos con temperaturas bajas, ayudando a su crecimiento con el auxilio de semiforzados, como acolchados y cubiertas flotantes, y siguiendo algunas recomendaciones del código de buenas prácticas agrícolas, como hacer uso de rotaciones adecuadas, etc., no presenta factores limitantes para su realización, ni incluso, en zonas de casi monocultivo. No hay que olvidar que algunas enfermedades pueden presentarse en almacén una vez recolectado el producto.

Como plagas más significativas, le atacan orugas de suelo, peligrosas en el momento y en fases posteriores al trasplante, como las de la mosca del apio, *Phylophyla heraclei* L., que daña a las raíces, y *Agrotis* sp., que afecta al cuello de las pequeñas plántulas. Y aéreas como *Spodoptera littoralis* y *S. exigua*, *Plusia gamma*, etc., que devoran todos los órganos de la planta (Monnet y Rhibault, 2000).

La parte aérea también es atacada por minadores de hoja del género *Liriomyza*, como *trifolii* L., *huidobrensis* L. y *brioniae* L., por trips como *Frankliniella occidentalis*, peligrosos en los trasplantes en los meses cálidos y áfidos, como *Aphis gosypii* Banks y *Myzus persicae* Sulz.

En cuanto a enfermedades, cercosporiosis, *Cercospora apii* Fres, septoriasis, *Septoria apii* Chest, esclerotinia, *Sclerotinia sclerotiorum*, y mildiu, *Plasmopara nívea* Schr. son las de mayor incidencia.

Algunas enfermedades causadas por bacterias también pueden dañar a la planta, tales com *Pseudomonas apii* y *Erwinia carotovora*. La actividad de estas bacteriosis puede ser debilitada con la adición de compuestos de cobre y aplicando algunas prácticas de cultivo, como evitar encharcamientos y controlar mejor el riego, sobre todo, por aspersión.

Entre las enfermedades producidas por virus, las del mosaico del apio (CeMV) y mosaico del pepino (CMV) pueden darse, pero tienen baja incidencia. La del Bronceado del tomate (TSWV) hay que tenerla en cuenta si se presenta.

Como el abanico disponible de sustancias de síntesis de acción fitosanitaria se va reduciendo y es revisado continuamente, a lo que se podría unir las diferentes normativas de producción integrada existentes en las diferentes comunidades autónomas, es importante combinar la lucha química con el uso de prácticas agrarias que reduzcan la presencia de los problemas sanitarios del cultivo (CARM, 2014).

Así, para combatir orugas de noctuidos de lepidópteros se recomienda utilizar trampas con feromonas para fijar el momento óptimo del tratamiento y, entonces, aplicar insecticidas biológicos, tipo *Bacillus thuringiensis*, y si acaso, complementar con otro químico autorizado, como lambda-cihalotrín, azadiractina, indoxacarb, etc.

Para el caso de minadores, como *Liriomyza* spp. hay que respetar la fauna auxiliar parásita, como *Digliphus isaea* y otros parasitoides específicos, ayudando con la colocación de trampas cromatrópicas amarillas (Monserrat, 2015). Además se puede tratar con abamectina.

Ante la aparición de trips se recomienda tratar químicamente solo cuando aparezcan plantas afectadas por el virus del Bronceado (TSWV) y reducir sus poblaciones con la colocación de trampas cromatrópicas azules, dificultando su actividad en ciclos de invierno-primavera con la colocación de agrotextiles o tratando con azidaractina.

Para reducir la acción de los áfidos se combatirán a partir de la aparición de formas ápteras y si hay una presencia débil de parasitoides y depredadores, como *Aphidoletes aphidimyza*, *Aphidius* spp., etc., distribuyendo placas cromatrópicas amarillas, a lo que se añadirá la dificultad de invadir el cultivo si está protegido por cubiertas flotantes. Se puede tratar con imidacloprid y piretrinas naturales.

En cuanto a las enfermedades, prácticas preventivas, como la limpieza de restos de cultivo, donde pueden quedar órganos de propagación de algunos parásitos, la realización de rotaciones de cultivo, que impidan la multiplicación de los parásitos al utilizar especies no hospedantes, el uso de marcos de plantación que faciliten la aireación de plantas y suelos, uso equilibrado de fertilizantes, limpieza de parcelas de flora arvense, etc., junto a la aplicación de

algún fungicida específico en el momento oportuno, como mancozeb contra septoria, azosistrobín contra cercospora, o clortalonil contra botritis, pueden contribuir a la protección y sanidad del cultivo.

3.6. Malas hierbas

El apio es una planta de crecimiento lento en sus primeras fases de desarrollo por lo que las malas hierbas pueden crearle una fuerte competencia, aunque algunos horticultores en trasplantes de finales de verano utilizan la flora arvense como sombreadoras de las plantas de apio. El problema surge si las hierbas alcanzan las 6 hojas antes de tratarlas ya que adquieren capacidad de rebrote y, aunque se traten, volverán a activarse.

Para su control se recomiendan escardas manuales y mecanizadas, aunque existen materias activas de síntesis selectivas para realizar el control químico, como, linurón, al que se le añade un antigramíneo específico, como fluazifop-P-butil, y que se deben aplicar con la planta enraizada y el follaje seco. La lucha química se debe realizar cuando las malas hierbas tengan 3 o 4 hojas, aunque se escapen gran cantidad de semillas en el suelo aún sin germinar, habiendo de completar la labor con alguna escarda manual para eliminar las especies resistentes. También la biosolarización puede ayudar a rebajar la presión de las malezas.

3.7. Fisiopatías

Además de las ya comentadas, en la semilla, derivadas de irregularidades con la ruptura de la latencia, y en la planta, con la inducción prematura a flor, al no satisfacerse sus necesidades vernalizantes, las más importantes son las que afectan a los pecíolos de las hojas, al ser estos las partes comerciales de las plantas. Estas fisiopatías producen ahuecamientos en su interior, el cual se ocasiona desde arriba hacia abajo, quedando acristalado el tejido restante, depreciándolos. Aparecen con la exposición de las plantas a condiciones ambientales adversas, como las bajas temperaturas, en cuyo caso le precede un desprendimiento de la epidermis de los pecíolos y un exceso de humedad. También, el no hacer la recolección en el momento adecuado, intentando aguantar y prolongar el cultivo, puede provocarlas, así como la carencia de algunos microelementos.

El «corazón negro» o *black heart* es la otra fisiopatía que se manifiesta con pardeamientos y necrosidades en las hojas interiores de la planta, la cual se produce por deficiencias de la traslocación del calcio en la planta, propiciada por alteraciones de la humedad relativa ambiental; lo cual no significa que necesariamente lo provoque una carencia de este elemento, ya que se ha visto en plantas cultivadas en suelos ricos en él y en cultivos perfectamente fertilizados.

Figura 2. Plantación con semiforzado de cubierta flotante como fórmula para reducir problemas debidos a fisiopatías

La esponjosidad interna de los tejidos de los pecíolos puede ser también consecuencia del efecto de alguna helada, de un estrés hídrico e incluso presentarse tras la recolección. En este caso, los tejidos parenquimáticos experimentan una desorganización celular que provoca su senescencia anticipadamente.

3.8. Recolección

El momento de recolección se produce entre los 90 y 100 días después del trasplante, dependiendo del ciclo del que se trate, y de si se utilizan cubiertas flotantes, en cuyo caso se puede acortar el ciclo de 1 a 2 semanas. Con el cultivo muy uniforme, propio de la especie y aprovechando las horas de menor calor se comienza la recolección, que se lleva a cabo en un solo corte y a todo

cultivo. Esta se realiza casi en su totalidad de forma manual, para lo cual el recolector utiliza una espátula metálica, cuyos tres lados son de corte; con el lado corto frontal se realiza el corte total de la planta, que se hace a la altura del cuello, y con los laterales, la limpieza de algún resto del sistema radicular, algún brote lateral, y la parte apical de la planta, siempre por encima del primer nudo de las hojas, de tal manera que esta quede con unos 35 cm de longitud.

Las plantas así cortadas se van depositando en cajas, que previamente han sido lavadas con agua clorada, en un número en torno a las 12 por caja. Los contenedores deben colocarse en zonas sombreadas para ayudar a que las plantas sufran la menor deshidratación posible, esperando ser transportadas al almacén para su elaboración comercial definitiva. En el caso de las grandes empresas el producto se puede preparar en pleno campo, en plataformas de elaboración donde las piezas son lavadas y calibradas, fijando su longitud final en 28 cm, y embolsadas, quedando listas para su comercialización.

Figura 3. Cultivo en punto de recolección

Calibrado y calidad

Los calibres utilizados por peso, de uso comercial, son grandes con más de 800 g, medianos de 500 a 800 g y pequeños de 150 a 500 g. El calibre más demandado actualmente es el de piezas que pesen entre 460 y 720 g.

En cuanto a su calidad, además de tener que encontrarse las piezas dentro de alguno de los rangos de peso apuntados para mantener su marchamo de exportable, estas deberán de tener una serie de características cualitativas. Lo que les exigirá poseer pecíolos rectos bien formados y con un buen diámetro, tener la longitud prefijada y aparentar aspecto de frescor conservando el color verde pálido. Además, estarán libres de insectos o marcas producidas por sus ataques, ausentes de podredumbres de enfermedades, sin brotaciones secundarias o rudimentos florales, con textura crujiente de los pecíolos, con ausencia de esponjosidades y con nervaduras poco fibrosas.

3.9. Rendimientos

Los rendimientos brutos del cultivo pueden rondar las 120 t/ha, considerando la producción de plantas con un peso medio de 1.000 a 1.200 g. Cantidad que queda reducida a unas 90 t/ha cuando se trata del rendimiento neto, con las plantas ya preparadas para comercializar, con pesos entre 400 y 900 g y con destino a la exportación, ya que se puede estimar una merma de hasta un 30 % de su peso original, la que se produce en dicha elaboración.

De todas formas, esas partes de la planta desestimadas en este proceso de elaboración, también pueden ser recuperadas en parte, con destino al mercado interior o áreas de distribución menos exigentes, con lo que se puede recuperar parte del rendimiento final de la planta. Valores en la proximidad del 85 % pueden considerarse como un rendimiento adecuado del cultivo.

3.10. Poscosecha

Una vez preparada la planta se puede conservar en frío durante determinados períodos de tiempo para llenar ciertas demandas de mercado, que bien los ciclos productivos no pueden abastecer de manera natural o bien porque el perfil climático de la zona no lo permite producir.

El producto puede mantener su calidad en cámaras frigoríficas, si se mantiene en unas condiciones de temperatura a 0 ºC y del 95 % ó más de humedad relativa, durante 6 o 7 semanas, ya que es una planta que se enfría rápidamente y tolera esos niveles térmicos. Pero irregularidades, como subidas ocasionales de temperatura hasta 5 ºC, o interrupciones en la cadena de frío provocan la evolución y crecimiento de los rudimentos vegetativos y florales internos de la planta, como algunos tallos secundarios.

Estos gradientes térmicos inhiben la síntesis del etileno, por lo que no se aceleran procesos de maduración de la planta con estas condiciones. La presencia de concentraciones de etileno por encima de 10 ppm, junto a temperaturas mayores de 5 ºC, alteran el color verde de los pecíolos, rebajando su intensidad y dándoles una tonalidad mate.

También, durante los procesos de conservación y transporte, utilizando atmósfera controlada se puede paliar la senescencia de la planta y retrasar la aparición de amarilleamientos en los limbos de las hojas así como de podredumbres. Aunque los desajustes en las concentraciones de CO_2 y O_2 pueden crear en la planta aromas y sabores impropios. En cargas mixtas, con lechugas, el equilibrio del CO_2 debe ser perfecto, al ser estas muy sensibles e incompatibles con atmósferas controladas con altos niveles de este gas.

3.11. Comercialización

Tras la recolección y traslado al almacén, el producto sigue una trayectoria regular antes de su expedición a los mercados de destino. Se inicia con una identificación completa para determinar su trazabilidad y, en caso de surgir algún problema, poder identificarlo mejor. Le siguen procesos de preparado y elaboración que contemplan el calibrado, clasificación por calidades, embolsado, empaquetado y traslado a una antecámara a 7 u 8 ºC. El empaquetado se puede realizar en *sticks*, *flow pak* con bandeja, corazones, etc.

A continuación se prepara el producto para ser transportado. Pasando por una fase de preenfriado en *vacoon-cooling* donde permanece a 2 ºC y una presión de vacío de 20 mb, durante 20 o 30 minutos. Seguidamente, sin romper la cadena de frío, los envases son cargados en transportes frigoríficos, una vez que han sido paletizados.

Figura 4. Aprovechamiento comercial de los pecíolos de apio

Figura 5. Distintos tipos de apio en el mercado

4. Composición

Su interés ancestral se ha centrado en aprovechamientos múltiples, desde la jardinería, pasando por la farmacología y como hortaliza de consumo humano, en fresco e industrializada. Su utilización como elemento farmacológico se debe a contener un glucósido, la apiina, y un aceite esencial compuesto por apiol y limoneno, y también puede producir efectos carminativos, diuréticos y depuradores de la sangre, además de un presumible efecto afrodisíaco.

Su uso como hortaliza cultivada se documenta en la Italia del siglo XVI, siendo su aprovechamiento culinario como aromatizante de caldos y salsas. El aprovechamiento que se ha llevado a cabo de la variedad dulce es el de los pecíolos de las hojas o pencas, y se hace en fresco, en *sticks*, y en ensaladas; cocinado, como en platos navideños, o troceado o en corazones, en conserva, o en polvo aromatizador para caldos y sopas de la V gama.

Las áreas de consumo se encuentran en toda Europa y América del Norte, estando presente en diversas dietas alimenticias por su bajo valor calórico y todos los elementos nutritivos que aporta (Tabla 1).

Tabla 1. Determinaciones analíticas de los diversos contenidos y elementos minerales beneficiosos que se aporta con su consumo

Valor calórico	Calorías/100 g de materia fresca	
Agua	90 - 96	%
Lípidos	0,1 - 0,5	%
Prótidos	0,5 -2,0	%
Glúcidos	1,0 - 1,2	%
Celulosa	0,7 - 2,7	%
Cenizas	0,8 - 1,6	%
Sodio	96 -240	mg/100 g de materia fresca
Azufre	15-20	mg/100 g de materia fresca
Potasio	160-400	mg/100 g de materia fresca
Fósforo	27-65	mg/100 g de materia fresca
Hierro	0,3-0,5	mg/100 g de materia fresca
Magnesio	3,0-4,0	mg/100 g de materia fresca
Cloro	137-183	mg/100 g de materia fresca
Yodo	0,012	mg/100 g de materia fresca
Manganeso	0,16	mg/100 g de materia fresca
Vitamina A	0 -120	U.I./100 g de materia fresca
Vitamina B1	0,02 - 0,05	mg/g de materia fresca
Vitamina B2	0,02 a 0,04	mg/g de materia fresca
Vitamina C	2 a 15	mg/g de materia fresca
Vitamina E	0,46	mg/g de materia fresca
Vitamina B5	0,3	mg/g de materia fresca
Vitamina B4	1,54	mg/g de materia fresca
Vitamina PP	0,2-0,4	mg/g de materia fresca

5. Economía del cultivo

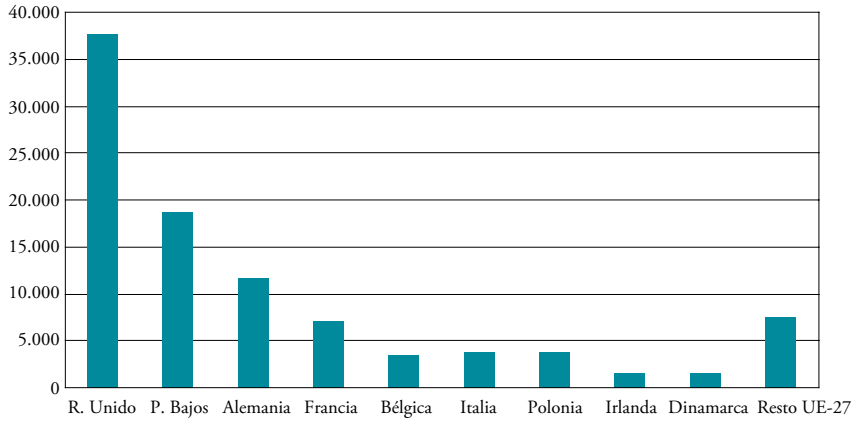
La referencia de los inicios como cultivo hortícola organizado en España puede establecerse a finales de los años sesenta del siglo pasado, en los que, en 1968, ya se informa de una superficie total de cultivo de 308 ha, que producían 4.185 t. Esta superficie se distribuía, fundamentalmente, entre algunas provincias andaluzas (Almería y Granada) y otras catalanas (Tarragona y Barcelona). En esa época la producción era destinada al mercado interior exclusivamente.

En el plano autonómico la evolución del cultivo ha quedado remarcada por la redistribución de superficies en otras regiones; así, la presencia inicial en algunas provincias se amplía con su introducción en la Región de Murcia y en la Comunidad Valenciana (Alicante y Valencia), además de extenderse un poco más en las comunidades autónomas originarias, como es el caso de Sevilla y Málaga, en la andaluza.

La importancia de su evolución en el conjunto nacional queda reflejada en la especificación de algunas fechas significativas. Si tomamos como comienzo del perfil de esa evolución en 1968, con las 308 ha citadas y sus 4.185 t producidas, se aprecia que hay una progresión del cultivo en 1982, en que se contabilizan 1.686 ha y 44.732 t, aportadas. Este incremento de las áreas cultivadas llega a su máximo en 1992 con 2.400 ha plantadas y 91.300 t recolectadas. Recientemente, se ha visto una recesión en esa expansión, contabilizándose en 2012, un total de 1.453 ha que suponen una comercialización de 68.449 t.

La causa de esta variación, tanto en el aspecto expansivo como en el restrictivo o de estancamiento, es la oscilación de su exportación a países europeos, en especial a Reino Unido y Francia, y la competencia de la producción israelí que entra en el mercado, en especial en el británico, en fechas similares a la española (Gráfico 1).

Gráfico 1. Principales países de destino de la exportación de apio. En toneladas



En principio, aunque en Francia e Inglaterra se puede producir, lo hace en épocas diferentes a las de mayor producción española, con el agravante de

que ciertas fases del cultivo deben realizarlas con apoyos térmicos adicionales, con el consiguiente gasto en infraestructuras adecuadas y medios energéticos, lo cual permite que los contingentes españoles generados al aire libre o con la ayuda de pequeñas protecciones sean más competitivos.

En el plano autonómico, la Región de Murcia es la que ostentaba mayor superficie en 2012, con 691 ha distribuidas en comarcas litorales del Campo de Cartagena y Águilas (CARM, 2014), seguida por Cataluña con 318 ha, en el Delta del Ebro y Barcelona, Comunidad Valenciana con 244 ha, situadas casi en su totalidad en el sur de Alicante, y Andalucía con 140 ha, bastante repartidas entre las provincias de Sevilla, Granada, Almería y Málaga (Magrama, 2015).

Como datos más recientes, que informan de la proyección de este cultivo menor, se puede apuntar que la exportación creció en 2014 un 13 % en volumen con 98.923 t y un 11 % en ventas con 62,5 millones de euros, y que en este montante, Murcia es la primera provincia exportadora con 75.654 t (Tabla 2) que representa el 76,48 % del volumen nacional, seguida por Alicante con 14.013 t, Almería con 5.467 t y Valencia con 2.125 t. De estas exportaciones (Tabla 3), los países receptores mayores fueron Reino Unido con el 43 %, Países Bajos con el 16 % y Alemania con el 11 %.

Tabla 2. Producción en España por provincias (2009-2014). En toneladas

	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014
Murcia	52.454	48.468	49.732	52.325	65.154	75.654
Alicante	8.637	11.123	11.953	14.655	12.809	14.023
Almería	2.654	3.074	4.561	4.865	5.944	5.467
Valencia	882	1.291	1.347	1.340	2.163	2.125

Fuente: FEPEX (2015).

Tabla 3. Exportación a países con destino (2009-2014). En toneladas

	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014
Reino Unido	31.717	33.174	32.145	32.096	33.245	37.648
Países Bajos	9.729	11.385	11.706	11.858	15.371	18.650
Alemania	9.360	6.877	7.176	7.475	10.339	11.677
Francia	4.847	4.486	6.705	7.473	8.502	7.058
Bélgica	2.422	2.521	2.400	2.735	3.694	3.487
Italia	4.332	3.320	4.097	4.275	4.809	3.811
Polonia	778	873	1.145	1.601	2.149	3.744
Irlanda	1.777	1.181	821	1.453	1.785	1.623
Dinamarca	930	913	750	1.235	1.488	1.609
Resto UE-27	2.542	2.813	3.082	4.052	5.757	7.455

Fuente: FEPEX (2015).

Referencias bibliográficas

Magrama (2015): *Observatorio de precios de los alimentos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. http://www.Magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-alimentacion/.

Fepex (2015): *Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas*. http://www.fepex.es/datos-del-sector/.

CARM (2014): *Producción Integrada: Normativa reguladora: Normas de Producción Integrada en apio*. Región de Murcia, Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente.

González, A.; Vicente, F. E.; Rodriguez. R.; Fernández, J. A. y Franco, J. A. (2000): «Actualidad hortícola en la comunidad autónoma de la Región de Murcia»; *Agrícola Vergel* (222); pp. 432-436.

González, A.; Velasco, J.; Fernández, J. A.; Bañón, S. y Rodriguez, R. (2001): «Estado actual del cultivo del apio en la Región de Murcia»; *Agrícola Vergel* (230); pp. 64-72.

González, A.; Hernández, M. D.; Rodriguez, R.; Fernández, J. A. y Bañón, S. (2002): «Cultivo de apio en la Región de Murcia»; *Revista Fecoam: Informa* (32); pp. 10-15.

Maroto, J. V. y Pascual, B. (1991): «El apio: Técnicas de cultivo»; *Agroguía*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 108.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial.* Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición; pp. 704.

Monnet,Y. y Rhibault, J. (2000): «Maladies et ravageurs del céleris»; *PHM, Revue Horticole* (417); pp. 66-67.

Marín Rodríguez, J. (2015): «XV Variedades Hortícolas»; *Portagrano*; pp. 475.

Monserrat, A. (2015): *Estado actual de las plagas en Apio en la Región de Murcia*. Comunicación personal.

Vicente, F. E. y López, D. (1996a): *Ensayo de densidades de plantación de apio. Plantación septiembre*. XVI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Aragón; pp. 17-22.

Vicente, F. E. (1996b): *Ensayos de densidades y Técnicas de plantación en apio primaveral.* XVI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Aragón; pp. 23-29.

Vicente, F. E. y Moreno, T. (2000): «Apio»;.*Horticultura Española*. Sociedad Española de las Ciencias Hortícolas; pp, 96-99.

Hortalizas aprovechables por sus inflorecencias

Alcachofa

Carlos Baixauli Soria
Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Introducción

Algunos autores responsabilizan a los visigodos de la introducción en España de algunas plantas como las alcachofas (*Cynara scolymus*), aunque no parece probable ni fidedigna esta atribución. Las alcachofas son oriundas de la región mediterránea, de la que se poseen ciertos indicios de cultivo por parte de los íberos y de las que se sabe que fueron objeto de selecciones por parte de los musulmanes españoles así como de los italianos en la Edad Media, de donde proceden la mayor parte de las variedades actualmente cultivadas (Maroto, 2014).

Aunque tradicionalmente se ha cultivado en países de la cuenca mediterránea, en este momento se está expandiendo a otros países como Egipto, Perú, Argentina, Argelia y China. En Estados Unidos se mantiene la producción en el estado de California.

2. Características botánicas, fisiología del crecimiento

La alcachofa pertenece a la familia *Compositae*, siendo una de las familias con flores más importantes. Su nombre científico es: *Cynara scolymus* L. La cabeza posee de 800 a 1.400 flores nectaríferas, que pueden ser polinizadas por abejas. Tiene 2n = 2 x 17 = 34 cromosomas. Es una planta vivaz con rizoma subterráneo, del que parte una raíz carnosa, capaz de almacenar reservas y unos tallos cortos, con hojas en roseta. Presenta raíces gruesas, cónicas y alargadas, bastante crasas, que hace que la planta aguante bien la sequía (Miguel, 1984). Después de la aparición de las hojas, coincidiendo con un cambio morfológico de las mismas a bordes ligeramente más enteros, el tallo erguido y grueso, acanalado longitudinalmente, se alarga y ramifica, hasta alcanzar una altura de 1,5 m, dando en sus extremos las inflorescencias en capítulos, que cuando están tiernas y cerradas constituyen la parte comestible. La mis-

ma planta se puede mantener durante 2, 3 e incluso en algunos casos, hasta 4 años. Las hojas son pubescentes, con envés blanquecino y haz de color verde claro. El nervio central es muy marcado y el limbo está dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundos y menos hendidos en hojas del tallo.

La inflorescencia, antes de evolucionar es, como se ha indicado, la parte comestible, formada por cabezuelas que rematan los tallos, constituido por brácteas que encierran el receptáculo carnoso, que engloba un alto número de flores. Si no se cosecha el capítulo da lugar a flores alógamas con tonalidad azulada, de polinización cruzada, compuesta de muchas flores, las cuales son fértiles. Maduran centrípetamente, es decir, progresivamente desde fuera hacia adentro. En cada una de las flores el polen germina inmediatamente, pero el estigma no es receptivo hasta pasados entre 5 a 7 días. El polen es viable durante 4 a 5 días, que fertilizará flores de la misma cabeza o de otros capítulos, transportado por insectos. La protandria y la polinización con insectos asegura una alta proporción de cruces (Ryder *et al.,* 1983).

Sus frutos son aquenios provistos de vilano, de forma oblonga, color grisáceo, formando la semilla de la planta. Un gramo contiene entre 25 y 27 semillas, con una capacidad germinativa de 6 a 12 años.

La multiplicación suele hacerse por vía vegetativa, utilizando esquejes o hijuelos. La mayor parte de la alcachofa cultivada en España es de reproducción vegetativa (por esquejes) siendo el cultivar de mayor importancia 'Blanca de Tudela' de la que se estima un 99 % de la superficie (Macua, 2003). En el sur de Alicante y Murcia se produce también para exportación a Francia el cultivar de inflorescencias rojizas 'Violeta de Provence'. En plantas multiplicadas por semilla, el frío es el único factor inductor de la floración, aunque puede influir la edad de la planta y la duración del fotoperíodo, las necesidades se estiman en unas 250 horas con temperatura por debajo de 7 ºC. (Trigo y López, 1984; Maroto, 2002 y 2007). En algunos cultivares se necesitan al menos 250 horas con una temperatura menor de 7 ºC para que se induzca la floración, mientras que en otras se produce sin apenas haber estado las plantas sometidas a bajas temperaturas (Miguel *et al.,* 2001). La inducción floral de la alcachofa se produce, en clima mediterráneo, cuando los días son cortos. Mientras algunos cultivares no forman los capítulos hasta después de iniciado el invierno, los cultivares tempranos se comportan como indiferentes al fotoperíodo y pueden tener una inducción floral precoz, en otoño e incluso en pleno verano (Miguel *et al.,* 2001).

La temperatura óptima para la alcachofa es de 24 °C durante el día y 13 °C por la noche. Con más de 20 °C de media puede ralentizarse el crecimiento. El reposo vegetativo puede producirse por temperaturas demasiado bajas en invierno o muy altas en verano (Miguel *et al.*, 2001). Tolera ligeras heladas; con bajas temperaturas (5 ºC) el crecimiento de la planta queda paralizado, puede sufrir heladas con -2 a -4 ºC, aunque para destruir la parte subterránea e impedir su rebrote es necesario que se produzcan temperaturas por debajo de -10 a -15 °C. Las muy elevadas también producen paralización del crecimiento. El calor, dentro de ciertos límites, favorece el desarrollo de la planta y obstaculiza la diferenciación de capítulos. Su semilla germina bien con temperaturas comprendidas entre los 17 a 25 °C en condiciones de alta humedad, preferiblemente en cámara de germinación.

Se adapta mejor a suelos medios, produciendo poco en arenosos. El 90 % de las raíces no supera los 30 a 40 cm de profundidad, por lo que la planta no es muy exigente en suelo. Soporta mal el exceso de humedad y tolera los terrenos ligeramente alcalinos. Es una planta resistente a la salinidad, aunque un exceso puede producir necrosis de las brácteas internas, debido a una mala traslocación de calcio, necrosis que pueden ser el origen de infecciones secundarias, pudiéndose ver afectado el desarrollo y el rendimiento con aguas de riego a partir de 2,7 dS/m y en suelos a partir de niveles en extracto de saturación de 4,8 dS/m.

La alcachofa es un cultivo altamente exigente en elementos minerales, especialmente N, P y K. Las extracciones de nutrientes por los capítulos dependen de factores tales como rendimiento, cultivar, características del clima y suelo, presentando valores que oscilan entre 220-286 kg/ha N, 44-104 kg/ha P_2O_5 y 368-743 kg/ha K_2O. Según Pomares (2008) para el cultivo de la alcachofa con rendimientos comprendidos entre 9,7-21 t/ha, las extracciones son de: 105-358 kg/ha N, 25,3-94,7 kg/ha P_2O_5 y de 122-671 kg/ha K_2O.

En la vega Baja del Segura, Gamayo (1996) afirma que la cantidad de riego necesaria en el cultivo de alcachofa es muy importante y las dosis deben estar próximas a los 7.000-10.000 m^3/ha. Es primordial dar un riego copioso inmediatamente después del trasplante y uno nuevo a los 3-5 días, para asegurar las condiciones idóneas para la brotación y arraigue de las plantas. Los riegos posteriores serán aportados en función de las necesidades del cultivo y de su evapotranspiración, pudiendo oscilar entre 2 a 3,8 l/m/día en condiciones similares a las de Valencia (Pomares, 2001). Durante el mes de junio y una vez finalizado el cultivo se deja sin regar para favorecer la parada vegetativa.

3. Cultivo

3.1. Sistemas de multiplicación

La alcachofa es una planta perenne que se cultiva generalmente durante 2 años, y en algún caso hasta un tercero dependiendo de su estado sanitario, aunque en la zona de Castellón y cada vez más en Alicante y Murcia se renuevan las plantaciones todos los años, previa desinfección de suelo.

En España predomina la multiplicación clonal vegetativa, a partir de esquejes, que se suelen adquirir de zonas con inviernos más fríos, como Tudela (Navarra), que generalmente garantizan las condiciones de vernalización y aseguran una buena floración. En la zona de Tudela se producen unos 13 millones de «zuecas» anualmente. Se compone de trozos basales que ya han producido alcachofas, se han desecado en el período de reposo vegetativo (junio y julio) y cortado a unos 5 a 10 cm del suelo. Tienen yemas axilares visibles en su base. Dichas estacas generalmente son sometidas a una selección clonal y sanitaria: realizando un marcaje de las plantas en primavera por personal especializado e identificando aquellas fuera de tipo (marceras, callosinas, madrileñas…) para desecharlas en el momento del arranque de las estacas (julio-agosto), debiendo elegirse parcelas exentas de problemas sanitarios, incluida la posible presencia de barrenadores. Se estima que dicha degeneración puede ser de un 2,5 % cuando las estacas proceden del Valle del Ebro, de un 7-10 % cuando se extraen de la cuenca mediterránea y entre un 1-2 % cuando procede de la Bretaña francesa.

De cada pie madre pueden obtenerse de 4 a 6 esquejes, que se plantan posteriormente en julio y agosto, sistema conocido como «todo calzo». Se pueden extraer brotes de planta que se mantendrán en campo una campaña más «medio calzo». Otros métodos de multiplicación son: por «hijuelos» procedentes de material que se extrae en febrero-marzo de plantas madre, después del rebrote que sigue a la producción del primer colmo, con hojas y raíces que se plantan en vivero, sin embargo, como resultaba un procedimiento costoso se ha ido abandonando (Maroto, 2002); por «óvolos» formados por brotes subterráneos que no han llegado a emerger, hasta de 10 cm de longitud y 0,2 a 2 cm de grosor, que suelen tener raicillas en su base y una yema terminal viva. En Italia se utiliza mucho, aunque en España debido a que el cultivar 'Blanca de Tudela' apenas forma óvolos es prácticamente desconocido (Miguel, 1984); por «zuecas» formadas por un trozo de planta, arrancado con azada o pico y que comprenden una o más estacas, parte de tallo subterráneo y de raíz.

En explotaciones de gran dimensión para el arranque de las estacas se utiliza un arado arrastrado por el tractor (Figura 1).

Figura 1. Arranque de estacas con tractor (izda.) y posterior selección de estacas (dcha.)

El cultivo de «meristemos» persigue obtener plantas libres de virus, de meristemos apicales de yemas, brácteas o cotiledones, pero se producen variaciones somatoclonales que hacen perder precocidad. Estas plantas multiplicadas *in vitro* presentan mayor desarrollo vegetativo y homogeneidad, aunque en ellas no se observa la diferenciación floral en otoño y, por lo tanto, produce muy tardíamente. Estudiando el cultivar 'Blanca de Tudela', nuestro grupo de trabajo ha observado que la aplicación de ácido giberélico puede soslayar en parte la falta de precocidad de este tipo de plantas, pero en cualquier caso su producción, aún así, es bastante tardía.

3.2. Plantación

La plantación de estacas se realizaba en Valencia y Castellón en la primera quincena de julio, en Alicante y Murcia del 25 de julio al 15 de agosto. En un estudio realizado por Bartual (1986) se indicaba que la fecha idónea de plantación es la primera quincena de agosto. Se puede realizar a mano o bien en parcelas de una cierta dimensión con máquinas plantadoras arrastradas (Figura 2). Se efectúa en surcos separados 0,8 a 1,2 m y entre plantas a 0,8 m. También son frecuentes marcos de plantación de 1,6 a 1,8 m entre hileras y 0,6 m entre plantas. La reposición de marras se realiza tras el segundo riego, aunque posteriormente se pueden producir nuevas marras que podrán ser repuestas en aquellos casos en los que se pueda dar un gran número de fallos. En algunas ocasiones, los agricultores recurren para cubrir posibles huecos, a

sembrar habas para aprovechar el terreno. Tras los riegos de plantación se puede hacer un recalzado para limpieza de adventicias y mejorar el enraizamiento de las estacas.

Figura 2. Plantación de estacas en Tudela

Para garantizar el éxito del cultivo juega un papel primordial la elección de la parcela debido a la larga duración del cultivo, evitando posibles contaminaciones del suelo. Si existe precedente de problemas por el hongo vascular *Verticillium daliae* o de *Rizocthonia solani se* recomienda no plantar en la misma parcela o recurrir a una desinfección de suelo a base de metam sodio, biofumigación o solarización con estiércol. Son buenos precedentes los cultivos que han requerido de desinfección de suelo. La parcela deberá estar dotada de un buen drenaje, buena nivelación (si el sistema de riego empleado es por surcos), estar limpia de malas hierbas, no tener residuos nocivos de herbicidas y estar exenta de nematodos e insectos de suelo perjudiciales.

3.3. Recolección

El período de recolección de capítulos se suele iniciar en octubre y, si no se producen heladas, se mantiene casi de forma ininterrumpida hasta finales de mayo. Se considera producción precoz la correspondiente a los meses de septiembre, octubre y noviembre, período en el que se suelen alcanzar las mejores cotizaciones. En el argot del sector se conocen como «colmos» a los pe-

ríodos de mayor recolección, entre los cuales se observa un cierto decaimiento y posterior recuperación de las plantas. En zonas más frías, como el interior de la península o el norte de España, donde el invierno es más intenso, la recolección se interrumpe durante los meses invernales para retomarla en primavera. Los capítulos quedan dañados con temperaturas de -1 ºC, por lo que la producción invernal solo se da con garantía en las zonas más cálidas del litoral mediterráneo español, en las que se puede producir, como se ha indicado anteriormente, de manera ininterrumpida desde septiembre hasta final de mayo.

Un importante volumen de este producto va destinado a la industria, para procesarse como conserva o congelada. Se estima que un 30 % de la producción nacional se destina a este fin. El resto se destina para su consumo en fresco.

La recolección se realiza a mano con pedúnculo más o menos largo, incluso, en algunos casos, este va acompañado de una hoja. Los operarios suelen llevar colgados de la espalda unos cestos de mimbre, o cualquier otro material, en el que van introduciendo los capítulos, para vaciarlos en cajones o *palets-box* al final de la hilera. En Italia y Francia suelen utilizar unas plataformas con una tolva autopropulsada a una altura de unos 2 m, sobre la que los operarios van rellenando de capítulos que posteriormente vacían sobre remolques para su transporte a la central hortofrutícola. También existen prototipos para recolección mecanizada, que se pueden utilizar en primavera, coincidiendo con la presencia de un máximo de capítulos por planta y generalmente cuando los mismos se destinan a la industria.

Figura 3. Recolección en Italia

Figura 4. Recolección de alcachofa tipo 'Calico' en la Bretaña francesa

Figura 5. Recolección utilizando un cesto

Para el mercado en fresco los capítulos se recolectan con un calibre suficiente; cuando se destina a mercado nacional tienen de 140 a 160 g/unidad. Cuando se destinan a mercado de exportación, principalmente a Francia, se

eligen los de mayor calibre, de 250 a incluso 500 g, siempre que sean tiernos. A la industria se destinan los de menor tamaño. Se deben recolectar antes de que empiece a abrirse las brácteas externas y antes de la formación de pelo en el receptáculo, que coincide con la evolución de la flor y formación de su fruto «en vilano». Para obtener un producto de calidad se deben dar pasadas semanales en el período de otoño e invierno y cuando las temperaturas son más elevadas, se puede llegar incluso a dar más de dos pasadas semanales.

Los mejores rendimientos se obtienen en la zona meridional de Alicante y Murcia, le siguen las zonas más cálidas de Valencia; en Castellón pueden ser menores, en función del régimen de heladas y en Navarra, como se ha indicado, generalmente no hay producción invernal. Se establecen como producciones medias de 15 a 25 t/ha, que corresponden con 100.000 a 200.000 cabezuelas/ha. Una vez recolectados, los capítulos se preenfrían a 1 o 5 ºC y, posteriormente, se conservan a 0 ºC con una humedad relativa del 90 a 95 %, pudiendo conservarse en esas condiciones durante 20-30 días.

Figura 6. Alcachofa 'Blanca de Tudela'

En condiciones normales de cultivo, durante el mes de junio, coincidiendo con las altas temperaturas estivales, junto a la reducción del riego, las plantas quedan totalmente paralizadas, se secan y se pasa una segadora y trituradora dejando los tocones a una altura de unos 20 cm del suelo, con posibilidad

de reanudar el crecimiento al regar la parcela durante el mes de agosto, o bien proceder a la extracción de las estacas según se ha indicado anteriormente. Cuando se realiza cultivo de segundo año, la limpieza de brotes no se realiza de forma generalizada por los agricultores de Valencia y Castellón. En Alicante y Murcia es muy frecuente al mover la plantación de segundo año, dejar entre 2 a 4 brotes por planta, dejando 2 cuando el agricultor busca un mayor tamaño del capítulo (Gamayo, 1996).

3.4. Variedades de alcachofa

Los cultivares se diferencian principalmente por la forma (esférica u oval), el tamaño, el color (verde o violeta) del capítulo y la precocidad. Los diferentes tipos se pueden agrupar en 'Spinosi', integrado por cultivares con espinas en hojas y brácteas; grupo 'Violetti' con cultivares de frutos de tamaño medio, color violeta y producción primaveral, grupo 'Romaneschi' con cultivares de capítulos esféricos y de recolección primaveral tardía; y grupo «Catanesi» con cultivares de recolección otoñal, con capítulos alargados y relativamente pequeños como el 'Violeta de Sicilia'. En este último grupo habría que encuadrar 'Violeta de Provence' y 'Blanca de Tudela'.

Como se ha indicado anteriormente, el principal material vegetal cultivado en España es 'Blanca de Tudela'. El capítulo es de color verde, oval, de tamaño pequeño, compacto, muy temprano y con producción de otoño, invierno y primavera. Dentro de este se distinguen tres tipos y dos subtipos relacionados entre sí por vía mutacional. Los tipos distinguibles son: normal, cardero y repollo, de los cuales el último solo da producción primaveral. Dentro del tipo normal se distinguen otros dos subtipos: normal-céreo y normal forrajero (Gil, 1991). Existen diferentes clones de 'Blanca de Tudela' obtenidos en Logroño como son los clones A, B, C y D. En el IVIA (Valencia) también se obtuvieron algunos como son el 23T, 26T, 29T y 32T. Este último centro también tiene seleccionados 3 clones de Monquelina 1M, 3M y 9M, todos de color verde. El cultivar 'Aranjuez' se produce en Madrid y anteriormente en Cataluña. Entre el material de alcachofa multiplicado vegetativamente, con capítulos de color violeta, destaca 'Violeta de Provenza', que es el más cultivado en España (especialmente sur de Alicante y Murcia) y cuyo destino es el mercado francés. Es de capítulo oval y temprano. Existen otros cultivares de alcachofa morada como: 'Crisantheme', 'Salanquet', 'Violeta de Puglia' y 'Romanesco'. En Italia se cultiva como anual el 'Violeta de Sicilia'

de color morado, 'Romanesco', 'Violetto di Toscaza', 'Spinoso Sardo', 'Bianco Tarantino' y 'Violeta de Provenza'.

En Francia el cultivar más importante es 'Camus de Bretaña', de color verde, 'Violeta de Provence', 'Castel', 'Hyérois Blanc'. En los Pirineos franceses cultiva el 'Macau' de color verde (Macua, 2003).

En Estados Unidos se cultiva como perenne el cultivar 'Green Globe', procedente de 'Bianco Tarantino' de Italia. Como anuales y reproducibles por semilla se cultivan 'Imperial Star', 'Desert', 'Emerald' y 'Green Globe' mejorada.

En Turquía existen 2 variedades locales: 'Sakiz' y 'Bayrampasa', este último es tardío mientras que el primero es más precoz (Ercan *et al.*, 2007).

Se conocen en España otros cultivares franceses multiplicados meristemáticamente como son 'Camerys', 'Capa' y 'Salambó' (Maroto, 2001).

En multiplicación por semilla se pueden establecer 2 grupos varietales: los procedentes de polinización abierta, «grupo de los cultivares tempranos» originarios de EEUU, de capítulos esféricos o subesféricos. El primero en aparecer fue 'Green Globe' y el más importante en el mundo, el 'Imperial Star', con menos pigmentos antociánicos que el anterior. Este último se cultiva con otros nombres como 'A-106', 'Lorca' o 'PS 25000'. Y el «grupo de los tardíos» desarrollados principalmente en Francia e Israel, de los cuales el más importante es el 'Talpiot'. Entre los de color violeta se encuentra también 'Colorado Red' y 'Red Day'.

La variedad *Imperial Star* es la más utilizada por ser la más precoz, de semilla más barata y productiva, aunque sus capítulos son globosos y el mercado nacional busca cultivares similares a 'Blanca de Tudela'.

El segundo grupo corresponde a los cultivares híbridos. Últimamente está aumentando el interés de firmas comerciales de semillas por desarrollar nuevos híbridos, destacando Nunhems de Bayer CropSciencie que ha puesto en marcha una línea de trabajo para la obtención de nuevos cultivares híbridos de alcachofa de semilla, entre los que destacan algunos como: 'Harmony', 'Symphony', 'Nun 4011', 'Madrigal', 'Concerto', 'Ópera' y 'Opal', siendo estos tres últimos violetas. Otras empresas como AST también están trabajando en la obtención de nuevos híbridos. En numerosas experiencias, realizadas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, se ha constatado que existe material vegetal multiplicado por semilla que puede ser alternativa o complementar al de multiplicación vegetativa, existiendo algunos de muy buena calidad tanto en capítulos verdes como violetas. Entre los de color ver-

de destaca el cultivar 'Madrigal' por sus altos rendimientos, aunque presenta como problema que su producción es muy tardía. Por su precocidad, calidad y producción destaca la línea NUN 4011, sus capítulos no son tan cónicos como los de 'Blanca de Tudela'. 'Symphony' es uno de los más cultivados en este momento, debiendo adecuar el manejo, ajustando las concentraciones de ácido giberélico para mejorar su precocidad. El cultivar 'Sambo' da lugar a capítulos globosos de gran calibre, aunque su producción es tardía, pero del que se hace una pequeña cosecha para mercado de exportación, en concreto para Francia. Entre los cultivares de capítulos violetas destaca el comportamiento de 'Opal' por su calidad, precocidad y buena producción y la línea 'Nun 42345' que es más tardía pero con capítulos de muy buena calidad, que también van destinados al mercado de exportación.

3.5. Principales plagas y enfermedades

Entre las principales plagas que afectan a la alcachofa se han venido considerando las siguientes:

- Orugas: las barrenadoras *Gortyna xanthenes* y *Ostrinia nubilalis* (barrenador del maíz), así como las defoliadoras rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*) y rosquilla verde (*Spodoptera exigua*).
- Polillas: *Depressaria erinacella*.
- Pulgones: *Brachycaudus cardui*, *Aphis fabae* y *Capitophorus corni*, que pueden resultar muy difíciles de controlar en ocasiones.
- Caracoles y babosas.
- Tijeretas (*Forficula auricularia*).
- Insectos de suelo, como barreneta (*Agriotes* sp.) y gusano gris (*Agrotis segetis*).
- Minador o submarino (*Lyriomyza trifolii* y *Lyriomyza huidobrensis*).
- Trips (*Frankliniella occidentalis*).
- Nematodos, cuya presencia se está incrementando debido, seguramente, a la repetición del cultivo.

En cuanto a enfermedades destacar la Oidiopsis (*Leveillula taurica*), *Ramularia cynarae* y otros hongos como *Ascochyta hortorum*, *Alternaria* y *Bremia*

lactucae. Entre las principales causas de las marras de plantación tenemos las enfermedades de suelo y vasculares también transmisibles por el material vegetal, como *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*.

En general se considera que en su mayoría las marras de plantación se deben a la incidencia del hongo *Rhizoctonia solani*, aunque en algunos trabajos ha sido detectado el hongo vascular *Verticillium dahliae* (Miguel *et al.*, 2001; Armengol *et al.*, 2004). La «roya de cabeza» da nombre a la presencia de un necrosamiento típico en la zona apical de las brácteas en los capítulos. Requiere humedades altas y temperaturas bajas. Los cultivares multiplicados por semilla son más resistentes a esta alteración que el de 'Blanca de Tudela'. A veces este término es también empleado para describir una alteración que produce la misma sintomatología, consecuencia de una mala traslocación del calcio vía floemática; principalmente en condiciones de alta temperatura, falta de riego, salinidad del extracto saturado del suelo del agua de riego, o por la combinación de dos o más de estos factores.

Figura 7. Decaimiento de la planta como consecuencia de ataque de *Verticillium dahliae*

Las virosis más frecuentes en el cultivo de alcachofa son (Migliori *et al.*, 1987; Maroto 2002): virus latente de la alcachofa (ALV), potivirus transmisible por pulgones; virus del marchitamiento de las habas (BBWV), de tipo esférico y transmisible por pulgones y otros homópteros; Virus del «rattle» del tabaco

cepa-alcachofa (TRV-A), tobravirus alargado transmitido por nematodos; virus de las manchas negras del tomate, cepa alcachofa (TBRV-A); virus del bronceado del tomate (TSWV) transmitido por *Frankliniella occidentalis* «complejo virótico», cuya sintomatología se muestra con plantaciones irregulares, aparición de plantas fuera de tipo y escasa producción. La multiplicación vegetativa del material ha llevado a que las estacas estén infectadas por varias virosis. Eso puede explicar el buen resultado inicial de las plantaciones realizadas en el área mediterránea, con material procedente del interior de la península (Navarra y La Rioja), respuesta que se va difuminando con el paso de los años (García, 1999).

Entre las enfermedades bacterianas puede aparecer la grasa de la alcachofa, que está producida por *Xanthomonas* sp. Se muestra con la aparición de manchas aceitosas en las brácteas de los capítulos. Los ataques se suelen producir tras un período de heladas seguido de altas temperaturas (Maroto, 2002). En algunos cultivares de alcachofa multiplicada por semilla se han detectado en algún momento dos sintomatologías: la primera con manchas oscuras en la parte superior del tallo, en la base de las brácteas y en los nervios foliares, de la cual se pudo aislar una bacteria del género *Pseudomonas*, y el segundo síntoma consistió en el oscurecimiento y alteración del tálamo floral, apareciendo en la zona próxima al capítulo estrías oscuras y alargadas (García, 1999).

Para el control de malas hierbas existen herbicidas autorizados de contacto o sistémicos como el glifosato, al cual la alcachofa es especialmente sensible, por lo que se recomienda no utilizarlo con el cultivo en marcha. Entre los herbicidas residuales se puede utilizar en preplantación el linuron y en pre y posplantación oxifluorfen, incluso la combinación de ambos herbicidas.

3.6. Fisiopatías

Las heladas provocan daños en los capítulos con temperaturas cercanas a los 0 ºC provocando un desprendimiento de la epidermis en las brácteas, evolucionando a un aspecto manchado. Con temperaturas más bajas, los capítulos más pequeños llegan a necrosarse totalmente y los tálamos florales llegan a doblarse, debido a que en esa zona se pierde la consistencia, no soportando el peso del capítulo. Estos dejan de ser comerciales. A menos de -4 ºC puede llegar a helarse la parte subterránea, pudiendo recuperarse, aunque con un cierto retraso en el desarrollo, en relación con la sensibilidad varietal, existiendo una clara relación directa entre precocidad y sensibilidad frente a la helada

(Gil, 1999). En cultivares multiplicados por semilla de color violeta, con temperaturas bajas sin llegar a producir helada, se observa una cierta decoloración de las brácteas externas en forma de círculos, que hacen que los mismos no sean comerciales.

Los vientos fuertes y secos perjudican al cultivo, sobre todo en sus primeras fases. Sobre las brácteas externas del capítulo se pueden producir manchas de aspecto similar a los daños ocasionados por ligeras heladas.

Entre las características anormales de los capítulos, las más frecuentes son la presencia de brácteas abiertas, que generalmente se aprecian con mayor intensidad en períodos de altas temperaturas. La presencia de espinas en el extremo de las brácteas, que suele acusarse en los períodos de bajas temperaturas. En ambos casos existe una interacción clara entre estas alteraciones y el cultivar.

La atrofia no parasitaria del capítulo, que está relacionada con lo que conocemos como plantas «fuera de tipo», que se pueden clasificar en «marceras» (con hojas muy divididas, producción tardía, pero abundante), «madrileñas» (con capítulos redondeados) y «callosinas».

Las marras de plantación las podemos considerar como uno de los problemas más graves en el cultivo de alcachofa multiplicada vegetativamente, debida a diferentes causas como las fisiológicas, consecuencia de una deficiente presencia de raíces en un período en el que las primeras hojas brotadas a partir de las sustancias de reserva dan lugar a una elevada tasa de transpiración. Para evitar el problema Bartual (1984) propuso el trasplante de esquejes prebrotados previamente en cámara climatizada y cultivados en condiciones que favorecen la emisión de raíces, reduciendo la incidencia de las marras. Otra práctica en la que también se ha constatado la reducción de marras de plantación y que ha sido contrastada en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta es la prebrotación de las estacas en semillero, utilizando una maceta o alvéolo a base de una mezcla de turba rubia y fibra de coco con suficiente volumen, para en el momento de la plantación disponer de un desarrollo radicular suficiente, que asegure un buen arraigue. Utilizando esta técnica, durante dos campañas, hemos observado una entrada en producción más tardía, que puede ser compensada procediendo a dicha prebrotación con unos 20 días de antelación al trasplante previsto.

Otra de las causas de las marras es debida a los problemas patológicos, como puede ser *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, así como posibles virosis. En este caso se pueden reducir los problemas recurriendo a la desinfección de sue-

lo, con solarización, biofumigación o solarización apoyada con algún fumigante y manteniendo una correcta relación C/N del suelo. Se han hecho intentos de someter las estacas a una termoterapia con resultados no satisfactorios.

La «necrosis apical» que aparece en el extremo de las brácteas puede ser debida a diferentes causas en períodos de altas temperaturas, como consecuencia de una mala traslocación de calcio, acrecentada cuando el cultivo se desarrolla en condiciones de alta salinidad o debida a un estrés hídrico. En condiciones climáticas en las que se dan episodios de altas humedades relativas y temperaturas suaves, esa necrosis se produce también, en algunas ocasiones como consecuencia de la generación de hongos como *Ascochita hortorum,* sin tener muy claro que sean estos los causantes directos de dicha alteración, puesto que los tratamientos fungicidas en estos casos no han funcionado.

Muchas de estas alteraciones o fisiopatías se reducen o simplemente no aparecen con los capítulos de alcachofa procedentes del cultivo de semilla, que se ha mostrado como una alternativa muy interesante ante la presencia de estos problemas.

Figura 8. Diferente sensibilidad a una helada ligera, entre 'Blanca de Tudela' y un cultivar multiplicado por semilla

3.7. Cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla

Tal y como se ha indicado, el sistema de multiplicación vegetativa tiene una serie de desventajas fisiológicas, patológicas y económicas. Una parte importante de estos problemas pueden solucionarse con la tecnología de multiplicación de alcachofas a partir de semilla (Baixauli y Maroto, 2011).

Con la expansión de los nuevos cultivares multiplicados por semilla se ha observado que la aplicación de ácido giberélico puede inducir la floración en ausencia de bajas temperaturas, permitiendo obtener rendimientos en diferentes ciclos productivos. La producción se puede avanzar entre 50 a 120 días cuando se pulveriza con ácido giberélico a las plantas. La máxima precocidad se alcanza cuando la aplicación se hace entre septiembre y octubre (Maroto, 2007). Con el ácido giberélico se consigue, en algunos cultivares, que se produzca la inducción floral como si se hubieran sometido las plantas a un período de bajas temperaturas. En otros cultivares se produce solamente una mayor rapidez en el alargamiento del escapo, una vez se ha producido, por las condiciones ambientales, la inducción floral (Baixauli *et al.,* 2001).

Cuando se hacen plantaciones de material multiplicado por semilla, los semilleros generalmente se realizan en el mes de mayo para proceder a su trasplante a finales de julio o agosto. En este caso, dependiendo del cultivar utilizado y por lo tanto de su vigor, se emplean marcos de 1,6 a 2 m entre hileras, manteniendo la distancia entre plantas, para utilizar entre 5.000 a 7.500 plantas/ha. Si el cultivar es menos vigoroso y se emplea ácido giberélico para adelantar la producción, la densidad recomendada es de 7.500 a 10.000 plantas/ha.

En este caso el cultivo suele ser anual, aunque también existe la posibilidad de mantenerlo un segundo e incluso un tercer año. En las plantaciones de segundo año, en función de algunas experiencias, no se ha visto una mejora en la precocidad, más bien se ha observado una respuesta un tanto errática en lo que respecta al inicio de recolección. El aclareo de brotes no es necesario realizarlo y cuando se deja para cultivo de segundo año se está imponiendo una práctica, que consiste en pasar un triturador de leña a una altura sobre el suelo de unos 10 a 15 cm para que posteriormente pueda rebrotar la planta.

Con este sistema de multiplicación existe la posibilidad de producir alcachofa durante los meses de verano, a partir de plantaciones realizadas al inicio de la primavera, en zonas de cultivo con una altitud entre 600 a 1.000 m. En ellas se obtiene un rendimiento discreto, aunque las mejores cotizaciones du-

rante ese período puede compensarlo. También se pueden realizar plantaciones en mayo y junio para conseguir recolecciones durante el mes de septiembre.

Figura 9. Planta procedente de semilla lista para su plantación

Uno de los aspectos más importantes en el manejo para obtener producción precoz (otoñal) es adecuar las dosis de ácido giberélico, que deberán adaptarse en función del cultivar. La aplicación debe realizarse cuando la planta presenta 7-8 hojas verdaderas y su proyección presenta un diámetro de 50-60 cm. Este estado de desarrollo del cultivo, para las fechas de trasplante propuestas, suele darse a principios o mediados de septiembre, para aquellas plantaciones realizadas durante la segunda quincena de julio o la primera del mes de agosto. Intervenciones demasiado precoces o tardías pueden producir efectos negativos sobre la planta y la calidad de los capítulos. Se recomienda realizar tres tratamientos en pulverización foliar espaciados 15 días entre ellos, a primera hora de la mañana o preferiblemente a última de la tarde, evitando las horas de mayor temperatura, con la parcela bien regada y adicionando un

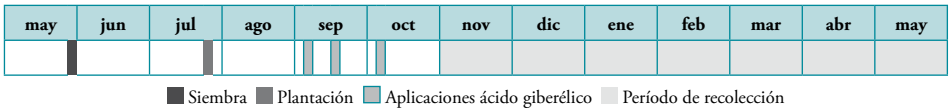
abono foliar, a base de aminoácidos y oligoelementos al 0,1 % (1 g/l). El gasto de caldo a utilizar se sitúa en torno a los 350-375 l/ha. Las dosis de ácido giberélico deben ajustarse a cada cultivar, ya que no todos responden igual a las mismas concentraciones. En general se recomienda una concentración de entre 20 a 30 ppm para cultivares precoces como 'Imperial Star', entre 50 a 60 ppm para aquellos de precocidad media como 'Symfony' y 90 ppm para los más tardíos como 'Madrigal'.

Se ha podido constatar una gran variabilidad entre campañas en lo que respecta al adelanto de la producción cuando se aplica el ácido giberélico en los distintos cultivares. Esto puede ser debido a multitud de factores, entre los que caben destacar los ambientales, en especial, la temperatura y el efecto vernalizante que haya podido causar en los distintos cultivares. Esto nos da una idea de la complejidad de afinar en el diseño de un calendario de producción en alcachofa, para el cual se recomienda la utilización de diferentes cultivares, con distintas precocidades y, en paralelo, la utilización de la técnica del uso de ácido giberélico. La respuesta a la aplicación de este es patente, porque a los pocos días se aprecia un mayor crecimiento vegetativo con un desarrollo más erecto de las plantas.

Tabla 1. Dosis de ácido giberélico recomendado en función de cultivar

	Dosis de ácido giberélico a usar (partes por millón)		
Cultivar	**30 ppm**	**60 ppm**	**90 ppm**
Imperial Star	x		
NUN 4011	x		
Symphony	x	x	
Sambo		x	x
Madrigal		x	x
Opal	x		
Ópera	x	x	
Concerto		x	

Tabla 2. Calendario de labores a realizar en cultivo de alcachofa multiplicada por semilla en el ciclo de producción habitual



Las extracciones de nutrientes en cultivo de alcachofa multiplicada por semilla utilizando cultivares híbridos, tratados y sin tratar con ácido giberélico, ha sido de 558-625 kg N/ha, 131-153 kg P_2O_5/ha y 914-810 kg K_2O/ha, respectivamente (Pomares *et al.*, 2004). En estudios desarrollados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta en riego por goteo, en la campaña 2001-2002, con alcachofa multiplicada por semilla 'Imperial Star' y tratada con ácido giberélico, cuando se compararon tres dosis de riego: 4.104, 5.472 y 7.265 m^3/ha, la dosis intermedia resultó ser la más interesante, afectando a la baja de forma muy negativa al rendimiento final (Pomares *et al.,* 2003). Un resultado similar se obtuvo en el mismo centro con 'Symphony' en la campaña 2010-11. En este ensayo la dosis de riego (2.943, 4.305 y 6.031 m^3/ha) afectó de forma altamente significativa al vigor de la plantas, pero entre las de riego medio y alto, las diferencias no resultaron significativas (Baixauli *et al.*, 2015).

Existe la posibilidad de realizar programas de producción con alcachofas multiplicadas por semilla, recurriendo a cultivares precoces tratados con diferentes concentraciones de ácido giberélico plantados en julio y agosto para obtener producción temprana y continuar el programa de trasplantes en octubre y noviembre con otros más tardíos como 'Madrigal', para llegar a obtener capítulos hasta el mes de mayo. Estos últimos trasplantes permiten un ahorro de agua de un 30 %, respecto a los mismos realizados en julio (Gamayo y Aguilar, 2008).

Otra fórmula de ahorro de agua es utilizar la técnica de acolchado, que ha sido ensayada en varias ocasiones en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, constatándose como un método eficaz para conseguir un ahorro de agua y mejorar el control de malas hierbas, aunque cuando se ha utilizado acolchado con polietileno negro se han producido marras de plantación y un desarrollo heterogéneo de las plantas, consecuencia del calentamiento en el entorno del cultivo, recomendándose en este caso la utilización de un acolchado con polietileno de color blanco para evitar ese exceso de temperatura.

Este sistema de multiplicación tiene como principales ventajas: la posibilidad de hacer siembra directa, aunque en la práctica no se realiza; mecanizar el trasplante con máquinas plantadoras; evitar la proliferación de plagas y enfermedades, etc. Se ha comprobado que con esta técnica de multiplicación se reducen las marras de plantación y mejora la homogeneidad del cultivo. Permite implementar fórmulas para diseñar programas de producción. Con

los cultivares actuales se reducen notablemente algunas alteraciones como la conocida «roya de cabeza», sus capítulos son menos susceptibles al frío por ligeras heladas. Los programas de mejora genética permitirán obtener mejores variedades en el futuro, con resistencia a plagas y enfermedades.

El sistema presenta inconvenientes y todavía se puede mejorar la precocidad y el manejo para que garanticen un programa de producción más fiable. El precio de la semilla y la necesidad de semillero, encarece el material vegetal y el costo del cultivo. Algunos cultivares se han mostrado algo más sensibles a enfermedades como oídio.

4. Composición

La alcachofa es una hortaliza muy apreciada porque tiene un alto contenido en vitaminas C y B1, tiene propiedades preventivas contra la diabetes, es hipoglucémica debido a que es rica en un hidrato de carbono «inulina», que la hace aconsejable para su consumo por parte de los diabéticos. Contribuye a regular las funciones hepáticas y renales. Se recomienda en regímenes dietéticos por su bajo contenido en grasas y por ser rica en fibra. De ella hay que destacar que se pueden aprovechar todos sus órganos: como planta de jardinería, sus capítulos maduros como flor cortada, en infusiones a partir del polvo de sus hojas, para cremas de belleza, de las hojas se puede extraer un licor típico italiano conocido como Cynar y el estigma de sus flores se usa como coagulante de leche. Sus hojas se utilizan también como pencas que se deshidratan y que pueden usarse como sustituto de alfalfa. La cinarina está considerada como el principal componente activo presente en altas concentraciones en las hojas, con efectos antifúngicos y antimicrobianos (Bianco, 2007).

La composición nutritiva de la alcachofa (por cada 100 g de producto comestible) (según Fersini, 1976; Maroto, 2002) es la siguiente: prótidos 2,59 g, lípidos 0, glúcidos 6,72 g, calorías 38 cal, vitamina A 270 UI, vitamina B1 180 mcg, vitamina B2 10 mcg, vitamina C 5 mcg, calcio 50 mg, fósforo 90 mg, hierro 0,5 mg.

El aceite obtenido de las semillas (20 %) se considera insaturado, semiseco, con un alto valor de saponificación, ácido y con alto contenido en ácidos poliinsaturados; puede ser utilizado para hacer jabón y champú para el cabello.

5. Economía del cultivo

5.1. Producción mundial y nacional

La producción mundial de alcachofa, en el período analizado (2003-2013), ha sufrido un incremento del 40 % (Tabla 2). Aunque es un producto que tradicionalmente viene cultivándose en el área mediterránea, en Europa el cultivo se ha estabilizado en los últimos 10 años, apreciándose un ligero crecimiento del 4 %.

En cuanto a la producción por países, el principal productor y consumidor es Italia. Francia y España, que tradicionalmente venían siendo junto con Italia los principales productores, están dejando paso a países como Egipto, que ya es el segundo en importancia, y que ha experimentado un crecimiento espectacular. España, que mantiene el tercer lugar, viene padeciendo una reducción de su producción del 34 % en los últimos años, con de 200.000 t, cuando en 1990 llegó a producir 428.000 t. Perú, que se encuentra en cuarto lugar en importancia, es el país en el que se ha registrado un mayor crecimiento, pasando de 19.700 a 113.000 t en los últimos 10 años. Tambien China, que produce al sudeste, y Argelia han experimentado un fuerte crecimiento (Tabla 3).

En los países del hemisferio norte (Italia, Egipto, España…) la alcachofa se produce durante las estaciones de otoño, invierno y primavera. En el hemisferio sur (Perú, Argentina, Chile…) durante «nuestros» verano y otoño, aunque en Perú producen capítulos durante todo el año.

Tabla 2. Evolución de la producción de alcachofa en el mundo. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. 2003-2013 (%)
América	185.983	237.315	312.928	287.464	341.505	277.421	49,16
Asia	102.873	124.861	130.469	133.476	149.403	145.466	41,40
Europa	780.790	750.590	778.160	758.990	747.536	814.687	4,34
África	209.501	173.214	267.640	323.040	311.692	555.442	165,13
Oceanía	0	0	0	0	0	0	0,00
Mundo	**1.279.147**	**1.285.980**	**1.489.197**	**1.502.970**	**1.550.136**	**1.793.016**	**40,17**

Fuente: FAO.

Tabla 3. Distribución de los principales países productores de alcachofa (2003-2013). En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
Italia	391.680	469.975	474.283	486.595	474.550	547.799	39,86
Egipto	110.348	70.000	172.701	209.614	202.458	390.672	254,04
España	306.484	200.135	226.281	198.900	182.120	199.900	-34,78
Perú	19.752	67.942	134.244	115.710	150.417	112.865	471,41
Argentina	88.000	94.094	90.000	76.948	100.891	106.325	20,82
Argelia	34.721	37.030	22.856	39.535	46.808	83.374	140,13
China	45.000	60.000	65.000	63.000	75.000	77.000	71,11
Marruecos	50.270	53.220	52.005	56.620	43.137	62.073	23,48
EEUU	45.720	39.420	47.900	48.760	45.310	42.865	-6,24
Francia	50.297	50.149	46.572	52.651	50.589	36.423	-27,58

Fuente: FAO.

En la UE-27 se ha producido un retroceso en este cultivo del 4 %. Tal y como se ha indicado anteriormente, Italia es el principal país productor, seguido de España y Francia, que junto con otros países de la cuenca mediterránea han venido siendo los productores tradicionales.

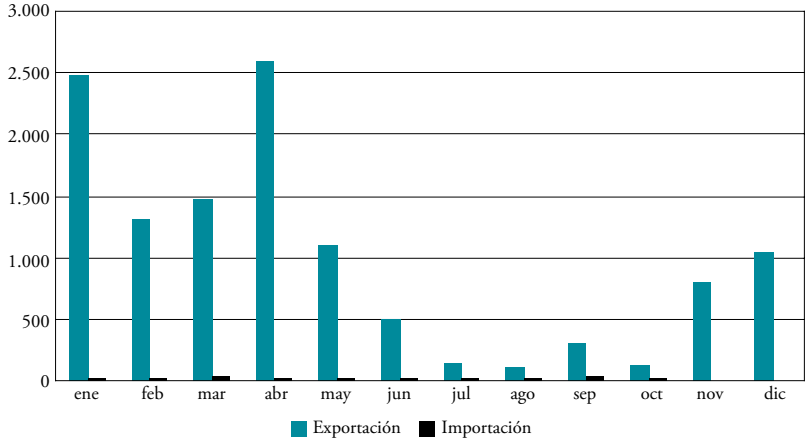
Tabla 4. Distribución de las producciones de alcachofa en la UE-27. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
Italia	391.680	469.975	474.283	486.595	474.550	547.799	39,86
España	306.484	200.135	226.281	198.900	182.120	199.900	-34,78
Francia	50.297	50.149	46.572	52.651	50.589	36.423	-27,58
Grecia	29.000	27.362	27.990	19.000	38.000	28.600	-1,38
Chipre	2.700	2.737	2.724	2.516	2.621	2.390	-11,48
Malta	900	1088	1.274	1.169	1.549	1.372	52,44
UE-27	783.490	753.324	780.880	761.481	750.118	817.072	4,29

Fuente FAO.

España destinó a la exportación en 2014 un total de 16.219 t, especialmente durante el período comprendido de noviembre a mayo. Las importaciones han sido prácticamente anecdóticas, hasta llegar a un volumen de 171 t (Gráfico 1).

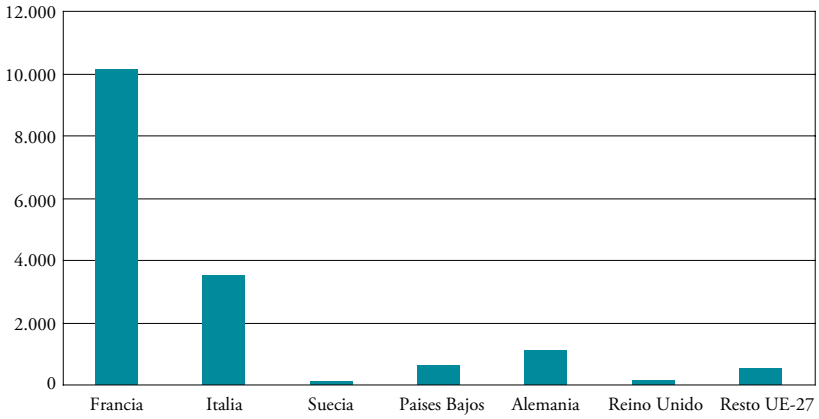
Gráfico 1. Distribución mensual de las exportaciones e importaciones españolas de alcachofa en 2014. En toneladas



Fuente: FEPEX.

Las exportaciones en 2014 se destinaron principalmente a Francia con 10.113 t e Italia con 3.520 t (Gráfico 2). Estas se han reducido significativamente en la última década, dado que hasta 2006 España exportaba más de 20.000 t anuales.

Gráfico 2. Principales países de destino de la exportación española de alcachofa en 2014. En toneladas



Fuente: FEPEX.

En 2013 en España se cultivaron 15.400 ha. La principal comunidad autónoma productora de alcachofa es la Región de Murcia con un 48 % de la superficie que supuso 7.280 ha, le siguió la Comunidad Valenciana con 3.710 ha, de estas últimas 1.960 ha correspondieron a la provincia de Alicante y 900 ha a Valencia con cerca del 13 % de las superficie. Castellón impulsada por la existencia de la denominación de origen «DO Alcachofa de Benicarló» alcanzaba el 6 %. En tercer lugar en importancia, se situaba Navarra con 900 ha. El conjunto de estas tres regiones supone el 78 % de la superficie nacional.

5.2. Costes de producción de la alcachofa

Para analizar los costes de producción del cultivo de alcachofa se ha considerado una plantación con el cultivar 'Blanca de Tudela', de multiplicación vegetativa, con instalación de riego por goteo, en la zona de Valencia. La duración del cultivo ha sido de 2 años. Como se ha indicado anteriormente, en Alicante y Murcia, debido a un mejor régimen de temperaturas invernales, se suelen conseguir en general mejores rendimientos. Finalmente, se ha considerado que que la maquinaria empleada en labores preparatorias y terminación del cultivo es arrendada.

Los costes variables se estiman entre 7.700 y 8.100 euros/ha para plantaciones de primer año y entre 4.000 y 4.500 euros/ha en las de segundo año, Los costes fijos oscilan entre los 1.800 a 2.000 euros/ha para plantaciones de primer año y los 1.700 a 1.880 euros/ha para las de segundo. Los costes de oportunidad se estiman entre 725 a 780 euros/ha/año. Con todo ello, los costes totales sumarían 10.000-11.000 euros/ha para plantaciones de primer año y 6.800-7.000 euros/ha para las de segundo año. Considerando una producción media de 16.000 kg/ha para la plantación de primer año, los costes por kg de cabezuelas sería de 0,6 a 0,68 euros/kg y para una producción de 10.000 kg/ha en las plantaciones de segundo año los costes por kilogramo serían de 0,69 a 0,72 euros/kg.

Los precios medios por kilo de alcachofa en España han fluctuado durante los últimos 10 años entre 0,33 y 0,85 euros/kg, aunque han predominado los precios comprendidos entre 0,5 y 0,6 euros/kg.

6. Retos y perspectivas

En los últimos años se han podido poner a punto posibles mejoras tecnológicas en el cultivo de alcachofa, especialmente multiplicada por semilla, que implica unas mejoras productivas, de mecanización y una cierta especialización. Existen fórmulas que pueden permitir mejorar la eficiencia del cultivo, en cuanto a diseño de calendarios de producción, mejora de calidad y rendimientos, consiguiendo una producción más competitiva.

El cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla es una alternativa y/o complemento a la multiplicación vegetativa. Esta tecnología puede dar respuesta a plantaciones que se realizan en suelos fatigados, con un cierto nivel de infección de patógenos, o en zonas en las que se producen una alta incidencia de fisiopatías que puede ser resuelta con esta técnica. La mejora genética, en este caso, permitirá la introducción de resistencia a plagas y enfermedades, mejorando los rendimientos y, por lo tanto, la rentabilidad del cultivo.

Se pueden implementar fórmulas de presentación y comercialización que permitan generar valor al producto, como podría ser la presentación en fresco de los capítulos en el mercado con un juego de colores (verde y violeta). Se están consiguiendo alcachofas en conserva cada vez de mejor calidad, incluso posibilidades de presentación como producto de IV gama. Al consumidor cada vez le cuesta más preparar una alcachofa, por lo molesto que puede resultar su pelado, por lo que estas fórmulas podrían favorecer su consumo.

Existen en nuestro país diferentes propuestas de promoción del consumo de alcachofa, como la Denominación de Origen Alcachofa de Benicarló, que durante unas semanas organiza ferias gastronómicas con la alcachofa como protagonista única. En la zona de Navarra se hace una gran promoción del consumo de verduras y en concreto existe una IGP (indicación geográfica protegida) Alcachofa de Tudela, cuyo lema es «el corazón de la huerta». También existe una asociación «Alcachofa Vega Baja del Segura» y recientemente se ha constituido la Asociación «Alcachofa de España», en la que se pretende involucrar al productor, comercializador y empresas de transformado, consciente de la importancia que tiene la promoción del consumo de alcachofa en el país, especialmente cuando se observa un retroceso del consumo y por lo tanto de la producción, en un producto que tiene unas grandes posibilidades culinarias y mejores propiedades por considerarse como alimento funcional.

Referencias bibliográficas

Baixauli, C.; Giner, A.; Aguilar, J. M.; Nájera, I.; Maroto, J. V.; Pascual, B.; Pascual, N.; Torres, J. F.; López Galarza, S. y San Bautista, A. (2014): «Respuesta productiva y agronómica de diferentes cvs de alcachofa multiplicados por semilla»; *Agrícola Vergel* (375); pp. 184-188.

Baixauli, C. y Maroto, J. V. (2011): *Cvs de alcachofa propagable por semilla, respuesta al ácido giberélico*. Ed. Académica Española.

Baixauli, C.; Giner, A.; Miguel, A.; López, S.; Pascual, B. y Maroto, J. V. (2007): «Agronomic Behaviour of Seed Propagated Artichoke Cultivars in the Spanish Mediterranean Area»; *Acta Horticulturae* (730); pp. 143-147.

Bartual, R.; Cubillos, A. y Cases, B. (1986): «Técnica para reducir el porcentaje de marras en las nuevas plantaciones de alcachofa en el Levante»; *Actas del II Congreso Nacional de la S.E.C.H.* (I). Córdoba; pp. 497-508.

Bianco, V. V. (2007): «Present and Prospecto Fresh and Processed Articocke. VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives»; *Acta Horticulturae* (730); pp. 23-37.

Cebolla, V. y Campos, T. (1989): «Control químico de las marras de plantación en alcachofa»; *Agricultura y Cooperación* (89); pp. 26-28.

Fersini, A. (1976): *Horticultura práctica*. México, Diana. 2.ª edición.

Gaetano, D. (1996): *Multiplicación por semillas*. I Jornadas técnicas de alcachofa. Tudela, Navarra, 2-3 mayo 1996; pp. 31-38.

Gamayo, J. D. y Aguilar, A. (2008): «Ensayo de fechas de plantación con variedades de alcachofa de semilla con y sin la utilización de ácido giberélico»; *Memoria de Actividades 2007. Resultados Ensayos Hortícolas*. Valencia, Fundación Ruralcaja Valencia; pp. 215-222.

García, M. (1999): *Plagas, enfermedades y fisiopatías del cultivo de la alcachofa*. Valencia, Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación.

Gil, R. (1991): «La alcachofa en el valle medio del Ebro»; *Revista HF* (3); pp. 50-54.

Macua, J. I. (2007): «New Horizons for Artichoke Cultivation. VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives»; *Acta Horticulturae* (730); pp. 39-48.

Macua, J. I. (2003): «La alcachofa en el mundo»; *Navarra Agraria* (137); pp. 4-8.

Maroto, J. V. (2007): «Effects of Gibberellic Acid (GA_3) Applications on Globe Artichoke Production. VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives»; *Acta Horticulturae* (730); pp. 137-142.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Maroto, J. V. (2002): «Principales problemas y soluciones para el cultivo de la alcachofa»; *Vida Rural* (146); pp. 26-28.

Maroto, J. V. (2001): «El cultivo de la alcachofa, nuevas tecnologías productivas»; *Vida Rural* (125); pp. 50-52.

Maroto, J. V. (2000): *Elementos de Horticultura General*. Madrid, Mundi-Prensa.

Maroto, J. V. (1998): *Historia de la Agronomía*. Madrid, Mundi-Prensa. 2.ª edición.

Márquez, B.; Vicent, A.; Sales, R.; Armengol, J.; García-Morató, M. y García-Jiménez, J. (2000): «La verticilosis de la alcachofa»; *Comunidad Valenciana Agraria* (17). Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación; pp. 43-46.

Migliori, A. (1987): «Répartition, fréquence et nuisibilité des virus chez l´artichaut en Bretagne»; *Pép. Hort. et Mar Reveu Horticole* (249); pp.29-36.

Miguel, A. (2001): «Cultivo de la alcachofa de semilla»; *Comunidad Valenciana Agraria* (19). Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación; pp. 43-47.

Miguel, A. (1984): *La alcachofa. Resumen bibliográfico*. Publicación del S.E.A. Valencia, Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura y Pesca.

Pomares, F. (2008): «La fertilización y fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación»; XI Jornadas del grupo de Horticultura. *Actas de Horticultura* (50); pp. 133-143.

Pomares, F.; Baixauli, C.; Aguilar, J. M.; Giner, A.; Tarazona, F.; Gómez, J. y Albiach, R. (2004): «Effects of Water and Nitrogen Fertilization on Seed-Grown Globe Artichoke»; V International Congress on Artichoke. *Acta Horticulturae* (660); pp. 303-309.

Pomares, F.; Tarazona, F.; Estela, M.; Bartual, R. y Arciniaga, L. (1991): «Fertilización nitrogenada, fosforada y potásica en alcachofas en la Comunidad Valenciana»; *Agrícola Vergel* (118); pp. 623-626.

Rincón, L.; Pérez A.; Pellicer C.; Abadía A. y Sáez J. (2004): «Nutrient Uptake by Artichoke»; V International Congress on Artichoke. *Acta Horticulturae* (660); pp. 287-292.

Ryder, E. J.; De Vos, N. E. y Bari, M. A. (1983): «The Globe Artichoke (*Cynara scolymus* L.)»; *HortScience* 18(5); pp. 646-653.

Trigo, M. L. y López, B. (1984): «Influencia del frío en la floración de la variedad de alcachofa 'Blanca de España' en relación con la síntesis de sustancias de tipo giberelina»; *Serie Agrícola* (25). An. INIA; pp. 87-105.

Páginas web

www.fepex.es

www.magrama.gob.es

www.faostat.fao.org

Bróculis, coliflores y coles

Carlos Baixauli Soria[a] *y José Vicente Maroto Borrego*[b]
[a]Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta
y [b]Universitat Politècnica de Valencia

1. Introducción

El origen de las coliflores y bróculis parece ser que está ubicado en el Mediterráneo oriental y concretamente en el Próximo Oriente (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.). Las coles-repollos tienen un origen muy variado, aunque siempre en el viejo Continente, encontrándose formas silvestres en lugares como Dinamarca y Grecia, en zonas litorales y costeras. Al parecer fueron conocidas por los egipcios desde el Imperio Antiguo. Posteriormente fueron cultivadas y citadas por los tratadistas griegos y romanos, en algunas de cuyas obras hay referencias a distintos cultivares. La col de Bruselas es una planta surgida en Bélgica derivada de una col de Milán, cuyo cultivo se inició extensivamente en los siglos XVII y XVIII.

Existen referencias atribuidas a Plinio en las que posiblemente se denomina a la coliflor con el nombre de «col de Chipre». En el *Libro de agricultura* de Ibn el Awan o Abú Zacaría (S. XII), y con el nombre de «col de Siria», aparece citada la coliflor como planta cultivada.

La expansión como cultivo de la coliflor en Europa se inició a partir del siglo XVI. Su principal uso ha sido el consumo directo, así como el encurtido en salmueras o vinagre, aunque también es importante en la actualidad su utilización como producto congelado.

En relación al bróculi, aunque hay citas anteriores como las que aparecen en la *Agricultura general y gobierno de la casa de campo* de José Antonio Valcárcel (S. XVIII)», en España el cultivo del bróculi en mayor escala, data de principios de la década de 1970, desarrollado por las principales empresas hortofrutícolas productoras y exportadoras de la Comunidad Valenciana y Cataluña, con miras al comercio exterior en fresco. Posteriormente se extendió a otras regiones españolas (Murcia, Navarra…), en alguna de las cuales se destina principalmente al procesamiento industrial, sobre todo al congelado (Maroto,

2002). El cultivo de la coliflor romanesco se introdujo en el área mediterránea española a principios de 1990, seguramente procedente de Italia, y también para ser destinado a la exportación en fresco, si bien puede señalarse que en otras regiones existe interés en su producción para ser destinado al congelado.

2. Encuadramiento taxonómico, descripción botánica y fisiología del crecimiento

2.1. Encuadramiento taxonómico y descripción botánica

Pertenecen a la familia *Cruciferae* o *Brassicaceae*, siendo el nombre científico de la coliflor el de *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. y el del bróculi o brécol, *Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck. Los cultivares de romanesco se engloban en el mismo taxón que las coliflores. Para algunos botánicos, coliflores y bróculis pertenecen a la misma variedad botánica, distinguiéndose en su forma, siendo las primeras *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*, forma cauliflora, y los bróculis *Brassica oleracea* L. var *botrytis* L., forma cymosa. Las coles-repollo de hoja lisa se denominan botánicamente como *Brassica oleracea* var. *capitata* D. C. mientras que las coles repollo de hoja rizada o de Milán se engloban como *Brassica oleracea* var. *bullata* D. C. o *sabauda* L. El nombre científico de las coles de Bruselas es el de *Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* Zenk.

Figura 1. Bimi

Figura 2. Bróculi

Como especialidad, en los últimos años se ha introducido el «Bimi», dentro del cultivo del bróculi, es un nuevo híbrido natural entre el bróculi convencional y el kailan (o brócoli chino) obtenido por la empresa japonesa Sakata Seed, *B. oleracea* L. var albogabra Bailey (Gines B. *et al.* 2013). Anteriormente a esta nueva aparición ya existían cultivares de bróculis, que solo formaban rebrotes laterales y que se conocían vulgarmente como «bróculis de rebrote».

Todas estas plantas poseen una raíz pivotante de la que parte una cabellera ramificada y superficial de raíces.

En las coliflores, las hojas son enteras o algo hendidas, oblongas o elípticas, a veces con rizaduras en los bordes, ligeramente festoneadas y muy enhiestas hacia arriba. Los tallos se rematan terminalmente en una masa voluminosa de yemas preflorales, hipertrofiadas, muy prietas unas contra otras, de color blanco, que son en realidad un órgano pre-reproductor.

En los bróculis cultivados, las hojas suelen ser de color verde más oscuro, más rizadas, más festoneadas, con ligerísimas espículas, presentando un limbo hendido, que en la base de la hoja puede dejar a ambos lados del nervio central (muy pronunciado) pequeños fragmentos de limbo foliar a modo de pecíolo. Las hojas suelen ser más pecioladas que las de la coliflor y, aunque erectas, en general se extienden de forma más horizontal y abierta que en el caso de las coliflores. Con todo, en algunos cultivares de coliflores pueden

observarse estas mismas características morfológicas en las hojas, que aquí se han citado como diferenciales.

En cualquier caso, los bróculis difieren fundamentalmente de las coliflores en que, además de rematar sus tallos principales en una masa globulosa de yemas florales hipertrofiadas, lateralmente y en las axilas de las hojas, pueden desarrollar brotes florales, de tamaño menor, que aparecen de forma paulatina y escalonada, generalmente tras el corte del cogollo floral principal.

Por otra parte, hay que decir que en los bróculis, las masas de inflorescencias hipertrofiadas son de color verdoso, grisáceo o morado, el grado de compactación es menor (son pellas más abiertas) y las unidades elementales (botones florales o «granos») son fisiológica y morfológicamente estadios preflorales más avanzados que los de la coliflor.

Se denomina romanesco a un conjunto de cultivares, oriundos al parecer de Italia, cuyas hojas y sistema de crecimiento son similares a los de la coliflor, y que dan una preinflorescencia verde-amarillenta con una forma helicoidal-piramidal (de ahí que a veces se denominen «coliflores de torre») de gran belleza ornamental.

Existen asimismo cultivares de coliflores llamados minicoliflores que forman unas preinflorescencias de pequeño tamaño, para lo cual se cultivan a densidades muy espesas.

Figura 3. Coliflor mini

Las coles-repollo presentan tallos erguidos poco ramificados, con hojas color verde glauco o rojizas, de bordes ligeramente aserrados, forma más o menos oval y, en el caso de las coles de Milán, ásperas al tacto y aspecto rizado. Como consecuencia de la hipertrofia de la yema vegetativa terminal y de la disposición de las hojas superiores, se forman unos cogollos o pellas de hojas muy apretadas, en las que la planta acumula reservas nutritivas. Las hojas son más apretadas en los repollos de hoja lisa que en las coles de Milán. En algunos cultivares de repollos de hoja lisa, el color de sus hojas es amoratado, y son denominados genéricamente «lombardas».

Figura 4. Col lombarda

La col de Bruselas desarrolla un tallo que puede medir entre 0,5 y 1 m, a lo largo del cual surgen una serie de hojas largamente pecioladas, de limbos ovales o redondeados y que termina en una roseta de hojas. En las axilas de las hojas laterales existen unas yemas foliáceas que a lo largo del ciclo vegetativo se hipertrofian, formando unos cogollitos o pellas laterales de pequeño tamaño, muy apretadas, a modo de repollitos, que son los que reciben el nombre de «coles de Bruselas» (2-4 cm de diámetro) y constituyen los órganos de aprovechamiento de esta hortaliza.

Figura 5. Col repollo de hoja lisa con el cogollo «picudo»

Figura 6. Col de Bruselas

Las floración de estas *Brassicas* se produce el segundo año, aunque existen cultivares en los que la bienalidad está más acentuada que en otros, las flores son amarillas, sobre inflorescencias racemosas, de polinización alógama y la fructificación de estas plantas se produce en silicuas. Las semillas son redondeadas de color parduzco. En 1 gramo pueden contenerse unas 350 semillas, con una capacidad germinativa media de unos 4 años.

2.2. Fisiología del crecimiento y la reproducción

Diversos autores distinguen en la coliflor las fases que van a citarse a continuación, y que con las debidas aclaraciones que se exponen, pueden ser asimismo extrapoladas al caso del bróculi (Maroto, 2002 y Maroto *et al.*, 2007).

2.2.1. Coliflores y bróculi. Diversos autores

2.2.1.1. Fase juvenil

Se inicia con la germinación y se caracteriza porque a lo largo de este estadio la planta solo forma hojas y raíces. En general el intervalo óptimo de germinación para la coliflor y el bróculi se establece entre 20 y 30 °C.

En el caso del bróculi está constatado un claro efecto negativo de las elevadas temperaturas sobre la germinación de sus semillas, de manera que por encima de 36 °C dicha germinación queda prácticamente inhibida. En estudios realizados en verano con distintos tipos de semilleros, pudimos comprobar que las mejores germinaciones se producían bajo túneles sombreados de malla negra (en los que la temperatura era más baja), en relación con semilleros realizados bajo invernadero o al aire libre, existiendo asimismo una clara influencia del cultivar ('Gem' germinaba mejor que 'Coaster' y 'Shogun' en condiciones de elevadas temperaturas) e interacciones entre tipo de semillero y cultivar (Maroto *et al.*, 1994). Esta problemática debe ser tenida en cuenta en siembras directas de verano, en las que las marras por una mala germinación pueden ser numerosas, para tratar de soslayar lo cual se recomiendan tratamientos osmóticos a las semillas con técnicas *priming*. La duración de este período juvenil y la cadencia en la formación de hojas varían con los cultivares de que se trate.

En coliflores de verano esta fase dura 5-8 semanas, formando 5-7 hojas; en coliflores de otoño la fase juvenil abarca también 5-8 semanas, pero forman en este tiempo 12-15 hojas; por último, en variedades de invierno, este período dura 10-15 semanas, en el que forman 20-30 hojas.

2.2.1.2. Fase de inducción floral

La coliflor es considerada como una planta vernalizante obligada, es decir, que sin la acción de bajas temperaturas no llega a florecer.

En este estadio la planta recibe, por la acción de bajas temperaturas, la aptitud para reproducirse y la capacidad de formar un cogollo de yemas preflorales hipertrofiadas.

Aunque durante esta fase la planta continúa formando hojas, por lo que aparentemente no experimenta cambios morfológicos especiales, internamente sufre una serie de cambios fisiológicos profundos que la hacen capaz de formar los órganos reproductivos.

En la inducción floral el aspecto más importante es, sin lugar a dudas, el papel que juegan las bajas temperaturas vernalizantes, aunque otros factores a considerar son, por ejemplo, la edad de las plantas, el cultivar, etc.

Los valores que deben alcanzar las temperaturas vernalizantes son distintos, según los cultivares de que se trate; así, para coliflores de invierno, se deben cifrar entre 6 y 10 °C; para coliflores de otoño, entre 8 y 15 °C, y para coliflores de verano, superiores a los 15 °C.

La duración de las temperaturas vernalizantes también varía con las variedades; así, en cultivares de otoño, oscilará entre dos semanas, para los más precoces y cinco semanas, para los más tardíos; en cultivares de invierno puede variar entre cinco semanas para los más precoces, y quince semanas para los más tardíos.

La duración del período vernalizador puede acortarse si las temperaturas son más bajas y alargarse en caso contrario.

Para la consecución de una eficaz vernalización no resulta conveniente la concurrencia de diferencias térmicas muy marcadas entre el día y la noche, sino que es preferible un régimen sostenido de temperaturas bajas.

Cuando finaliza la fase de inducción floral cesa la formación de hojas. En el caso del bróculi suele señalarse que es una planta vernalizante facultativa, aunque existen cultivares, como 'Medium Late 145', que se comportan como vernalizantes obligados y con regímenes térmicos superiores a 10 °C no son capaces de formar una verdadera inflorescencia (Maroto *et al.*, 1993).

Existe una correlación muy marcada entre el número de hojas formadas y la producción de cogollos, por esta razón es muy importante ajustar las fechas de siembra a la variedad de la que se trate, para que el período de inducción floral se produzca cuando la planta posea un número suficiente de hojas.

La concurrencia de temperaturas altas en pleno período de inducción o posteriormente puede tener un efecto desvernalizador.

2.2.1.3. Fase de formación de cogollos de preinflorescencias o inflorescencias

Tras haber sido inducidas a floración, las plantas dejan de formar nuevas hojas y las que ya se habían formado poseen una tasa de crecimiento menor.

Las hojas más jóvenes envuelven progresivamente el cogollo (en el caso de la coliflor) que se está formando, protegiéndolo de los accidentes metereológicos, principalmente de la luz.

La mayor parte de las sustancias de reserva elaboradas por las hojas, son movilizadas hacia el meristemo de crecimiento apical, que sufre una serie de transformaciones y multiplicaciones que conducen a la formación del cogollo apretado de la inflorescencia. En esta multiplicación no se observa dominancia apical de la inflorescencia, ni elongación alguna de los pedúnculos.

La temperatura juega un papel muy importante en el crecimiento del cogollo, estando situado el cero de crecimiento a un nivel muy bajo (3-5 °C), mientras que un aumento de temperatura de 3-4 °C puede traducirse en un incremento de la producción de un 80 %.

Otros factores que poseen una cierta incidencia en esta fase son:

- El cultivar.
- Las labores de cultivo, por ejemplo la siembra directa permite un acogollamiento más precoz. Si las plantas sufren un período de bajas temperaturas previo a su trasplante, se observa una menor variabilidad en el peso y la talla de las hojas, lo que es interesante para una recolección mecanizada. Esta práctica se realiza almacenando las plantas de coliflor, una vez arrancadas del semillero, en un frigorífico a 4-7 °C, durante una o dos semanas.

La fertilización nitrogenada en forma nítrica, puede tener un efecto marcado en el acogollado. Con marcos de plantación más espesos los cogollos de coliflor suelen ser más aplanados en su superficie externa.

2.2.2. Coles-repollo y coles de Bruselas

Las coles-repollo están consideradas como plantas bienales de crecimiento relativamente lento, con tres períodos en su ciclo biológico y en cuya floración los aspectos más importantes son los que se señalan a continuación:

- Fase de crecimiento de la planta, con formación abundante de hojas, en las que se acumulan las reservas elaboradas por la planta y en la que sobreviene la formación de cogollos.
- Fase de iniciación de la formación de los primordios florales.
- Fase de crecimiento y alargamiento de los tálamos florales, que finaliza con la formación de flores y semillas.
- El factor más importante en la floración de los repollos es la incidencia vernalizante de bajas temperaturas.
- La exposición de plantas jóvenes de col-repollo a temperaturas bajas durante un cierto período puede ocasionar la subida a flor prematura.
- Otros factores a considerar en la manifestación de este accidente son la susceptibilidad varietal, el período que ha durado la vernalización, el tamaño de la planta, las condiciones de estrés hídrico, etc.
- Si se hacen crecer en invernaderos distintas plantas de col-repollo e incluso cultivares bienales de bróculi, manteniendo a lo largo de todo su ciclo la temperatura a 16-21 ºC, las plantas no florecen.

En las coles de Bruselas, desde un punto de vista agronómico, pueden distinguirse las siguientes fases:

- Fase vegetativa: en primer lugar la planta solo producirá hojas, y una vez que haya formado un determinado número de ellas iniciará la formación de cogollitos laterales.
- Fase reproductiva: generalmente la emisión del escapo floral se produce en el segundo año de cultivo.

El ritmo de crecimiento, medido en número de hojas formadas, es variable según los distintos cultivares. Las variedades precoces, para un mismo tiempo transcurrido desde la siembra, forman un mayor número de hojas que las tardías.

La floración en las coles de Bruselas se desencadena por la acción de temperaturas bajas que vernalizan la planta, aunque para que las plantas respondan a este efecto vernalizador de las temperaturas bajas, es necesario que hayan alcanzado un cierto estado de desarrollo.

3. Cultivo

3.1. Siembra

Los semilleros se realizan en instalaciones especializadas mediante la siembra automática, generalmente en bandejas de poliestireno con aproximadamente 200-250 alvéolos por cada una, rellenos con sustrato a base de mezclas de turbas y fibra de coco. Estas bandejas se colocan durante 2 días a 18-22 ºC para pregerminar las semillas, y seguidamente se pasan a invernaderos de plástico o de malla, según las temperaturas de esos momentos, hasta que alcanzan el óptimo desarrollo para su trasplante. La utilización de calefacción de apoyo suele resultar interesante para acelerar la fase de semillero en determinados momentos.

En bróculi, la realización del semillero durante julio-agosto para ciclos de producción precoces puede ocasionar problemas por la incidencia de temperaturas elevadas que afectan negativamente a su germinación y al desarrollo inicial de la planta. En este sentido, la realización del semillero bajo túneles con malla de sombreo con el fin de reducir la temperatura puede mejorar la germinación, si bien existe asimismo una influencia clara del cultivar utilizado (Maroto, 1995).

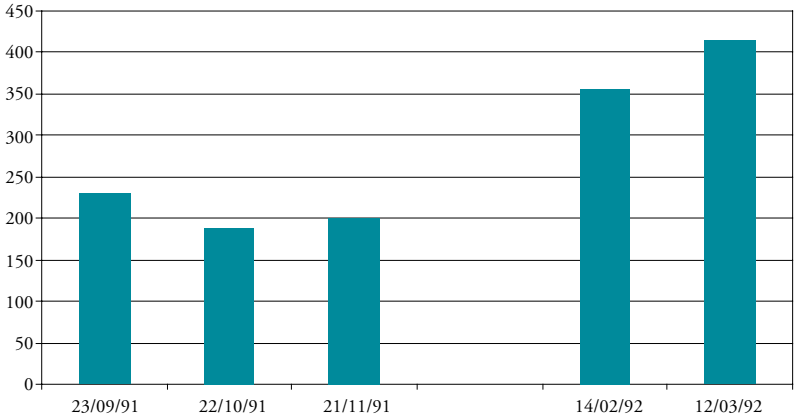
3.2. Preparación del terreno y plantación

Las labores preparatorias para el conjunto de *Brassicas* deben consistir, en términos generales, en realizar primero una nivelación del terreno si el riego va a ser superficial por surcos, dejando una pendiente del 4 al 5 ‰. Seguidamente deberá efectuarse una labor profunda con subsolador para favorecer el drenaje, sobre todo en suelos pesados. En tercer lugar podrá incorporarse la materia orgánica y realizar una labor superficial. Posteriormente, si se utiliza algún herbicida o insecticida-nematicida de preplantación que haya que incorporar, se aplica e incorpora, y se realiza un asurcado o acaballonado para formar los lomos donde va a realizarse el trasplante. En caso de utilizar riego localizado, seguidamente se extienden las líneas portagoteros sobre los lomos de plantación.

3.3. Marcos de plantación

Tanto en coliflor como en bróculi y romanesco, y asímismo en las coles-repollo, existe una clara interacción entre marco de plantación, variedad y ciclo de cultivo, afectando a los distintos parámetros productivos de estos cultivos. De forma general puede decirse que para una misma variedad y ciclo de cultivo, el peso de la inflorescencia o del cogollo de hojas es mayor cuanto más amplio es el marco de plantación. Por otra parte, para una misma variedad, cuando el cultivo se realiza en ciclos primaverales o de principios de otoño, en los que el desarrollo de las plantas no se ve limitado por la temperatura y/o iluminación, el tamaño de la inflorescencia o cogollo de hojas suele ser mayor que en los ciclos invernales (Gráfico 1).

Gráfico 1. Influencia de fecha de trasplante en el peso medio de las inflorescencias principales de bróculi cultivar. *Marathon*. En g/unidad



**Ensayo realizado en 1991/1992 con densidad de 8 plantas/m² en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Por todo ello, en los ciclos primaverales se tiende a utilizar marcos de plantación más estrechos para reducir en alguna medida el tamaño de las inflorescencias o de los cogollos de hojas, mientras que en los ciclos invernales se emplean marcos más amplios para incrementar los calibres. En cualquier caso nunca hay que perder de vista la influencia del cultivar y por supuesto el tamaño de cogollo floral o foliar que se considere comercialmente más aceptable.

Por otra parte, la disposición de las plantas va a depender también del tipo de riego que se vaya a emplear. En riego por surcos normalmente las plantas de estos taxones se suelen disponer en líneas simples, mientras que con riego localizado lo normal es trasplantarlas en líneas pareadas.

A continuación se desarrollan las características específicas de cada uno de estas hortalizas.

3.3.1. Coliflor

En coliflor la densidad de plantación oscila generalmente entre las 1,5 y 4 plantas/m^2, aunque en trasplantes de otoño-invierno, los marcos de plantación suelen ensancharse más, si bien, tal y como se ha comentado anteriormente, existe una influencia clara del cultivar y la densidad de las plantas para cada ciclo productivo.

El mercado nacional prefiere coliflores de gran tamaño: alrededor del 1,5 kg/pieza, que corresponde a una confección de 5 a 6 piezas/caja, aunque en ocasiones admite también calibres ligeramente inferiores, de 8 piezas/caja. Existen mercados de exportación que prefieren coliflores de 600 a 1.000 g/pieza.

En riego por surcos la plantación suele realizarse en líneas simples con una separación de 0,5 a 0,8 m, variando en mayor medida la distancia entre plantas dentro de la línea para conseguir el marco de plantación deseado. Cuando se utiliza riego localizado, lo normal es realizar la plantación en líneas pareadas, dejando 1,0-1,2 m entre los ejes de los caballones. En la Tabla 1 se presenta la variación en el número de plantas por unidad de superficie para distintas separaciones de las líneas y distancias entre plantas.

En estudios más recientes realizados en el Centro de Experiencia de Cajamar en Paiporta, en los que se compararon 2 fechas de trasplante (4 de septiembre y 5 de febrero de 2002), se observó en el ciclo de otoño, que tanto con el cultivar 'Belot' como con 'Tipton', al incrementar la densidad de plantación de 2 a 4 plantas/m^2, el mejor rendimiento se obtuvo con la densidad de 3 plantas/m^2 y el menor con 4 plantas/m^2, como consecuencia de un peor aprovechamiento comercial, al incrementar la densidad. El peso medio de las pellas se redujo, progresivamente en ambos cultivares al aumentar la densidad de plantación, siendo mayor el peso medio del cultivar 'Belot', de ciclo largo, que el de 'Tipton', de ciclo medio. Las distintas densidades de plantación no afectaron al ciclo, ni al período de recolección, en ninguno de los cultivares. En el ciclo de primavera, el incremento de densidad influyó en menor medida

sobre el peso medio de las piezas, apreciándose un incremento del rendimiento con las densidades más altas (Gráfico 2).

Tabla 1. Variación en el número de plantas por unidad de superficie, para diferentes distancias entre líneas y entre plantas con disposición sencilla y al tresbolillo

		Distancia entre líneas			
		0,5	0,6	0,7	0,8
		planta/ha			
Distancia entre plantas	0,5	40.000	33.333	28.571	25.000
	0,6	33.333	27.778	23.810	20.833
	0,7	28.571	23.810	20.408	17.857
	0,8	25.000	20.833	17.857	15.625

		Distancia entre bancos	
		1,0	1,2
		planta/ha	
Distancia entre plantas (tresbolillo)	0,5	40.000	33.333
	0,6	33.333	27.778
	0,7	28.571	23.810
	0,8	25.000	20.833

Calibre grande Calibre medio Calibre bajo

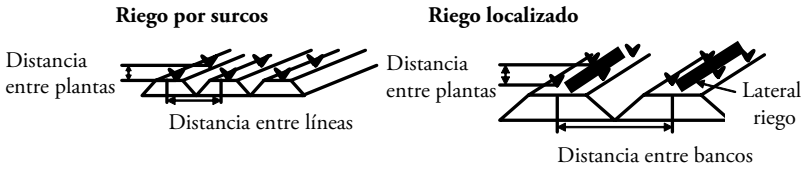


Gráfico 2. Influencia de la densidad de plantación en coliflor

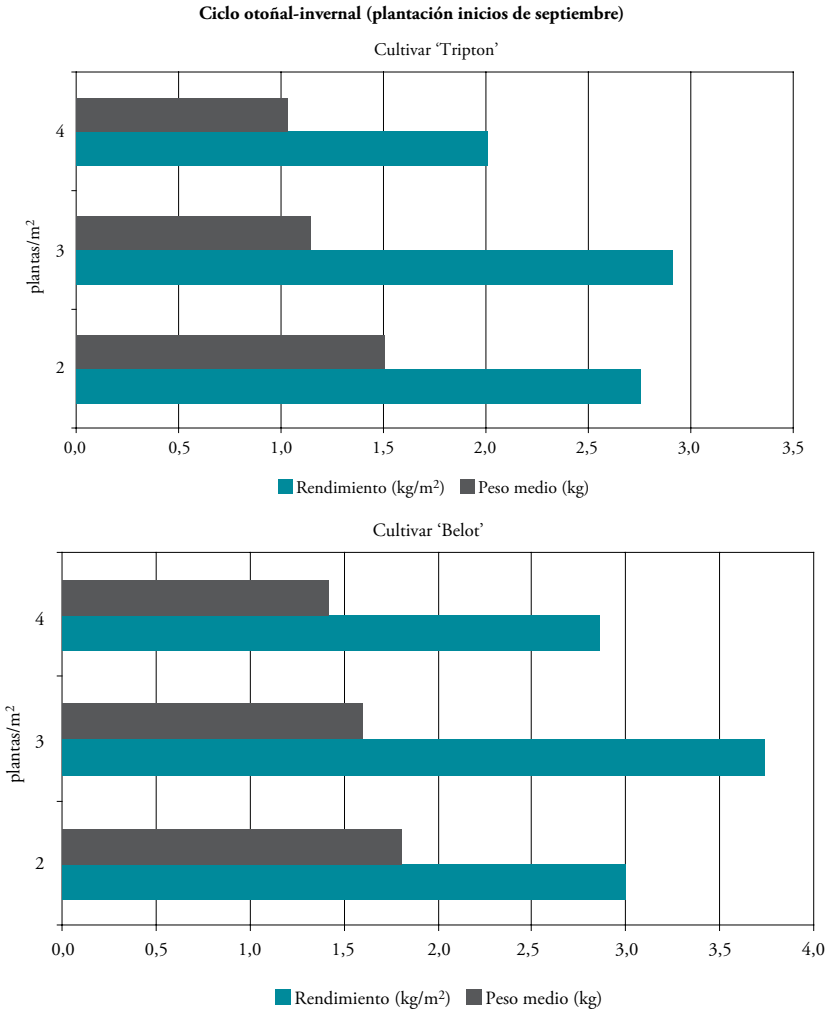
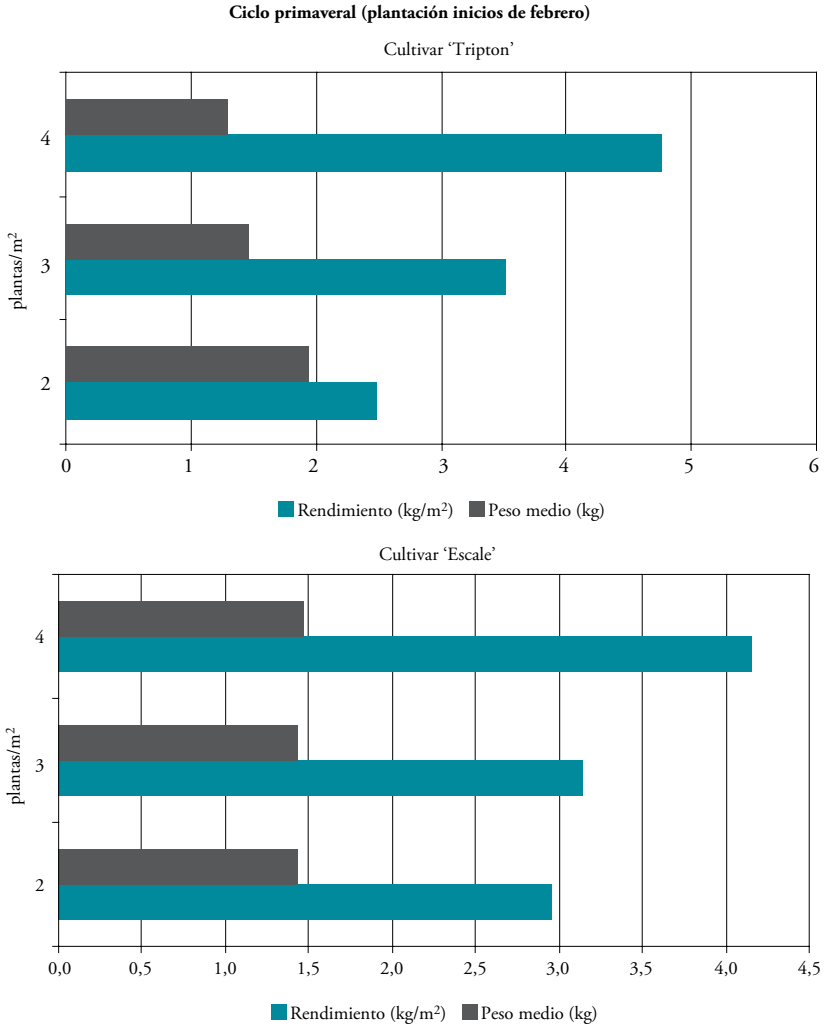


Gráfico 2 (cont.). Influencia de la densidad de plantación en coliflor



Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2001/2002).

3.3.2. Bróculi

En bróculi y «bimi», con riego por surcos, la disposición de las plantas suele hacerse en líneas dobles sobre caballones separados 0,7-0,8 m. Con riego localizado, la disposición es también en líneas pareadas sobre mesetas separadas 1,0 m.

En bróculi y «bimi», lo normal es utilizar densidades de plantación que oscilan entre 6 y 8 plantas/m^2, si bien, al igual que en coliflor, en ciclos productivos de primavera las densidades suelen incrementarse. De la misma forma, el cultivar utilizado tiene también una influencia notable en la elección de la densidad.

3.3.3. Romanesco

La influencia del marco de plantación en los parámetros productivos del romanesco parece ser similar a lo que ocurre en coliflor y bróculi. En los ensayos realizados tanto en la Universidad Politécnica de Valencia, como en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, sobre la influencia de la densidad de plantación en el romanesco, se ha observado también que a medida que aumenta la densidad de plantación, el peso medio de la inflorescencia disminuye, si bien el rendimiento total tiende a incrementarse (Tablas 2 y 3) y, por otra parte, para las fechas de trasplante empleadas en estos experimentos, al retrasar la fecha de plantación en general se incrementaba asimismo el rendimiento del cultivo y el peso medio de las inflorescencias (Maroto *et al.*, 1996).

Figura 7. Coliflor romanesco

Tabla 2. Ensayo sobre marcos de plantación y ciclos de cultivo en romanesco (1994/1995). Valores de la interacción variedad-marco-ciclo

	Plantas/m²	Producción (kg/m²)				Peso medio inflorescencia (g/unidad)			
		Fechas de plantación				Fechas de plantación			
		21 Sep	21 Oct	4 Ene	14 Feb	21 Sep	21 Oct	4 Ene	14 Feb
Shannon	2,08	1,15	1,25	0,98	1,46	628	661	654	721
	4,16	1,20	1,55	1,39	2,23	351	439	519	644
	8,33	1,23	1,47	1,86	1,90	268	273	401	478
Minaret	2,08	0,85	1,09	0,78	0,95	416	525	433	622
	4,16	1,11	1,24	1,46	1,48	276	319	388	372
	8,33	0,97	1,29	1,65	1,95	184	235	277	358

Fuente: Maroto *et al.* (2007).

Tabla 3. Ensayo sobre marcos de plantación y ciclos de cultivo en romanesco. Valores medios de los factores estudiados

		Producción (kg/ m²)	Peso medio (g/unidad)
Efecto ciclo de cultivo	21 sep 94	1,27	354
	21 oct 94	1,47	409
	4 ene 94	1,71	445
	14 Feb 94	2,04	533
Efecto cultivar	*Shannon*	1,88	503
	Minaret	1,37	367
Efecto densidad de plantación (plantas/m²)	2,08	1,21	583
	4,16	1,72	413
	8,33	1,93	309

Fuente: Maroto *et al.* (2007).

3.3.4. Minicoliflores

En esta modalidad de cultivo de coliflor, debido al pequeño tamaño de la inflorescencia, lo normal es realizar la plantación en líneas dobles, separando los caballones 0,8-1,0 m, y las plantas dentro de las líneas entre 0,2-0,3 m para conseguir densidades de plantación entre 9 y 11 plantas/m². Con estas densidades se pueden conseguir piezas de 200 a 250 g/unidad, para lo cual es necesario hacer la recolección cuando la pella aún no está totalmente desarrollada.

3.3.5. Coles-repollo

Tanto en coles-repollo de hojas lisas, rizadas y/o lombardas, el marco de plantación oscila entre 2 y 4 plantas/m^2, dependiendo también del calibre preferido comercialmente, aunque en este caso la mayor o menor densidad de plantación a utilizar dependerá del desarrollo de cada cultivar, existiendo dentro de cada uno de los tipos cultivares que dan lugar a cogollos cuyo calibre puede oscilar entre 1 y más de 2 kg, con morfologías distintas de los mismos (achatados, alargados y picudos).

3.3.6. Coles de Bruselas

En ambos sistemas de riego se podría optar por la disposición en línea simple o disposición de plantas al tresbolillo. Con esta última opción, en el caso del riego localizado, estaríamos reduciendo la cantidad necesaria de tubería portagotero, lo cual puede ser interesante para reducir costes de cultivo.

El marco de plantación habitual para la col de Bruselas es una separación entre líneas de 0,6-0,8 m y entre plantas 0,4-0,6 m, es decir, una densidad de entre 2 y 4,2 plantas/m^2.

3.4. Plantación y labores de cultivo

El trasplante de todas estas hortalizas, si se realiza con plantitas con cepellón, puede mecanizarse de distintas formas según el tamaño de la explotación (Maroto *et al.,* 2007).

a) Un primer nivel de mecanización contempla la posibilidad de poder ejecutar el trasplante por medio de dos operaciones separadas con útiles o máquinas diferentes. En la primera de ellas, marcaje del terreno con un marco de plantación predeterminado sobre el propio útil o máquina; en segundo lugar, otra máquina portante de operarios y de bandejas con plantas, permite realizar a aquellos el posicionamiento a mano de cada planta en las oquedades correspondientes.
b) El segundo nivel de mecanización integra el marcaje y el posicionamiento en una sola máquina, de tal modo que la parte delantera de la máquina realiza el marcaje de forma totalmente mecánica, para posteriormente operarios ubicados adecuadamente realicen el posi-

cionamiento de las plantas. Algunas de estas máquinas disponen de los elementos necesarios para incorporar agua en los huecos.

c) Un tercer nivel de mecanización lo forman las máquinas trasplantadoras propiamente dichas, las cuales son capaces de abrir un surco o un hueco, colocar la planta sobre/o en el mismo, tapar y compactar los laterales de la planta trasplantada de tal modo que esta quede en posición correcta sobre el terreno. Para todo ello estas máquinas disponen de mecanismos adecuados y sincronizados con el avance (incluido un cambio por piñones que define la separación entre plantas); la diferencia entre los tipos de máquinas existentes en el mercado estriba en los distintos sistemas de recepción y colocación de las plantas sobre el terreno y del número de operarios que cada una requiere, así como de las funciones que a estos se les exige.

La siembra directa se utiliza en otros países para cultivos destinados a industria, no estando demasiado extendida en nuestro país, ya que en estos casos las plantaciones presentan generalmente menos uniformidad que en las que se realiza el trasplante sobre todo, si es con cepellón. No obstante, con el empleo de siembra directa en nuestras condiciones, puede acortarse el período de entrada en producción del bróculi. Tras la plantación, cuando las plantas tienen 7-8 hojas, se suele realizar un ligero aporcado.

Por último, una práctica de cultivo que a veces se realiza en explotaciones pequeñas de coliflor es el tapado de la preinflorescencia en aquellas variedades de ciclo más corto, que tienden a estar menos recubiertas por las hojas interiores, con el fin de impedir que el color blanco característico pueda alterarse por la incidencia directa de la luz solar.

3.5. Recolección

La recolección de estas hortalizas para consumo en fresco debe realizarse dando varias pasadas por parcela para recolectar las piezas en su punto idóneo. Lo normal en coliflor es realizar 4-6 pasadas (en aproximadamente 15-20 días), mientras que en bróculi, según ciclos y variedades, lo normal es realizar 3 pasadas (en aproximadamente 15 días) para recolección de inflorescencias principales, y si se recolectan rebrotes, el período puede alargarse hasta más de 30 días, según el tamaño del rebrote y las exigencias comerciales. En coles-repollo, una vez las piezas están en condiciones de poderse recolectar, coincidiendo con un

llenado y compacidad de las hojas interiores, se puede recolectar la parcela en una pasada, o bien el agricultor va recolectando piezas en la medida que las va necesitando, manteniéndolas en campo cuando las condiciones climáticas lo permiten, que generalmente se produce en el período de invierno. Dicha conservación es más problemática en primavera, debido al crecimiento del esbozo floral, así como a la rotura de hojas externas, como consecuencia de la presión producida por el crecimiento de las hojas interiores.

En coliflor, el momento de la recolección es aquel en el que las hojas más internas se abren, dejando visible la inflorescencia, si bien en algunas variedades de ciclo corto esta apertura suele darse antes del momento idóneo de recolección. Ese estado debe contrastarse con el tamaño de las piezas, que debe ser suficiente sin perder compacidad.

Figura 8. Recolección de coliflor

En bróculi, las inflorescencias deben recolectarse en su momento óptimo, evitando recogerlas excesivamente pronto, lo que implicaría un menor peso de la inflorescencia y, por tanto menor rendimiento, así como recolectar inflorescencias excesivamente pasadas, que puedan tener las flores abiertas y tener menor aguante tras la recolección.

La recolección se realiza normalmente de forma manual, si bien en extensiones grandes tiende a racionalizarse mediante el uso de tractores provistos de unos bastidores transversales en la parte trasera del remolque.

En bróculi, principalmente, resulta muy conveniente evitar la recolección en momentos del día en que la temperatura sea elevada y preenfriarlo rápidamente.

La recolección manual de las coles de Bruselas requiere una gran absorción de mano de obra, y es escalonada, mientras que si se hace mecánicamente, se efectúa en una pasada. La recolección mecanizada se lleva a cabo en dos fases. La primera consiste en cortar las plantas a ras de suelo, mediante una cuchilla instalada en el tractor; a continuación, una cinta transportadora de cangilones va recogiendo las plantas cortadas y colocándolas en un remolque. Posteriormente las plantas, una vez que de ellas se han eliminado las hojas, se pasan a través de unas máquinas dotadas de cuchillas vibradoras o rotatorias, que separan los cogollitos de los troncos. La recolección manual puede suponer un 35-40 % del coste invertido a lo largo del cultivo, mientras que si se realiza mecánicamente este coste disminuye un 60 % (Maroto, 2002).

3.6. Riego y fertilización

La cantidad de nutrientes que absorben la coliflor o el bróculi depende de la cantidad de biomasa producida en los distintos órganos de la planta (inflorescencia, hojas, tallo y raíz). De ahí que estas extracciones de nutrientes varíen considerablemente según la variedad, época de plantación, sistema de riego, etc.

En coliflor para una producción de 30 t/ha, la absorción de N por producción comercial es de 7,5 a 8,5 t, equivalente a 220-250 kg/ha, generando un residuo de 120-150 kg/ha. De P_2O_5, 2,3-3 kg/t de producto comercial, equivalente a 70-90 kg/ha, con un residuo de cosecha de 40-60 kg/ha. De K_20, 10-12 kg/t de producto comercial, 300-360 kg/ha con un residuo de 160-180 kg/ha. Las necesidades aproximadas para una producción de 25-35 t/ha se estiman en: 260-300 kg/ha de N, 70-90 kg/ha de P_2O_5 y 300-360 kg/ha de K_2O.

Según Pomares y Ramos (2010), en el cultivo de bróculi para una producción comercial de 17 t/ha se estima una absorción de N entre 12 y 18 kg/t de producto y de 200 a 310 k/ha, generando una cantidad de N en residuos de cosecha de 150 a 230 kg/ha. De P_20_5, 4,7 y 5,9 kg/t de producción comercial equivalente a 80-100 kg/ha, generando entre 50-70 kg/ha de P_20_5 en residuos de cosecha y de K_2O, 22-27 kg/t de producción comercial, 370-450 kg/ha generando residuo de 250-290 kg/ha. Por todo ello las necesidades aproximadas de N, P_2O_5 y K_2O para una producción entre 15 y 20 t/ha serían de 280-320 kg/ha, 80-100 kg/ha y 370-450 kg/ha, respectivamente.

En las coles repollo para una producción de 50 t/ha, la absorción de N por producción comercial es de 3,8-4,2 t/ha equivalente a 190-210 kg/ha, generando un residuo de 90-120 kg/ha. De P_2O_5, 1,3-1,5 kg/t de producto comercial, 65-75 kg/ha, con un residuo de cosecha de 20-30 kg/ha. De K_20, 5,8-6,4 kg/t de producto comercial, 290-320 kg/ha con un residuo de 110-130 kg/ha. Las necesidades aproximadas para una producción de 35-45 t/ha se estiman en 230-250 de N, 65-75 de P_2O_5 y 290-320 K_2O kg/ha, respectivamente.

En diferentes ensayos realizadas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta durante dos campañas (1993-94 y 1994-95), con diferentes variedades de coliflor, tanto de ciclo corto como de ciclo largo, con riego por goteo se estudió la respuesta de este cultivo a tres dosis de agua: aproximadamente el 75 % de las necesidades, con aportaciones que fueron de 1.217 a 2.572 m^3/ha; 100 % con dosis de 1.787 a 3.343 m^3/ha y 125 % con 2.120 a 4.446 m^3/ha dependiendo de la evapotranspiración del cultivo (ETc), obtenida mediante evaporímetro de cubeta clase A. De los resultados obtenidos se constata que no hubo diferencias significativas de rendimiento entre las distintas dosis de agua aportadas.

En el cultivo de bróculi (el cultivar 'Coaster') también se comparó el efecto de tres dosis de agua de riego (R1: de 1.586 a 1992 m^3/ha, R2: de 1.710 a 2.183 m^3/ha y R3: de 2.000 a 2.592 m^3/ha) sobre la producción durante dos campañas consecutivas, no obteniéndose ningún efecto significativo, tanto en el rendimiento de cabezas principales como de rebrotes.

3.7. Material vegetal

En los cultivos de coliflor, bróculi y romanesco juega un papel importantísimo la elección del cultivar, sobre todo teniendo en cuenta la amplia oferta de material vegetal híbrido existente en el mercado. La correcta elección de los cultivares permite diseñar calendarios de producción que darán lugar a recolecciones continuadas prácticamente durante los 12 meses del año, considerando localización, fechas de siembra y cultivar elegido, con el objeto de obtener producto de máxima calidad.

3.7.1. Coliflor

La coliflor, tal y como se ha indicado anteriormente, es un cultivo muy sensible a la variación de las condiciones climáticas, observándose comporta-

mientos muy distintos en cuanto a calidad y ciclos en diferentes campañas, principalmente influenciados por las variaciones de la temperatura y humedad ambiental. En los períodos especialmente cálidos y con vientos secos, en el momento de formación de la inflorescencia, los ciclos se acortan, el período de recolección tiende a agruparse y la calidad generalmente empeora. En cambio, para una misma fecha de trasplante, si en el momento de formación de la pella floral se producen episodios de temperaturas bajas, los ciclos se alargan, el período de recolección es más escalonado y, si no se producen heladas, la calidad generalmente mejora para un mismo cultivar. Esta circunstancia dificulta, en muchas ocasiones, conseguir un programa de producción fiable. En la actualidad muchos de los cultivares comercializados, como ocurre en los otros taxones aquí estudiados, son híbridos.

Los distintos grupos varietales se clasifican según la duración de su ciclo, es decir, días transcurridos desde la fecha de trasplante al inicio de la recolección; así tenemos:

Cultivares de ciclo corto: aquellos cuyo período desde trasplante a inicio de recolección es inferior a los 70-80 días, los hay incluso con ciclos de 40 a 45 días. Generalmente este tipo de cultivares son utilizados para siembras precoces del mes de junio y julio, con el objeto de obtener producción en septiembre y octubre. Tienen la ventaja de su rapidez de crecimiento y formación de la pella, aunque presenta el inconveniente de que sus inflorescencias suelen ser de peor calidad que los de de ciclo mayor. Con estos cultivares en las fechas propuestas de siembra, las altas temperaturas suelen influir en detrimento de la calidad. Por otra parte, para plantaciones a partir de septiembre, las bajas temperaturas y los días cortos evitan un buen desarrollo vegetativo, dando lugar a piezas de menor tamaño, no siendo aconsejable retrasarlo en exceso.

Entre los cultivares de ciclo corto destaca 'Bromha'; en la Tabla 4 se expone el resultado del comportamiento de este en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta durante 4 campañas.

Tabla 4. Calendario de producción con coliflor de ciclo corto

Cultivar	Año	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Bromha	06/07	28	27		21	2
	07/08	27	26		25	9
	09/10	30	31		1	16
	11/12	29	27		3	18

■ Fecha de siembra ■ Fecha de trasplante ■ Período de recolección

** Obtenido como resultado de diferentes experiencias desarrolladas en el Centro de Cajamar en Paiporta (Valencia).*

Cultivares de ciclo medio: en este grupo se encuentran la mayoría de los que se adaptan a las condiciones de cultivo en el área mediterránea. Son aquellos cultivares que completan su ciclo desde la fecha de trasplante a inicio de recolección, entre 90 y 130 días. Con ellos se puede obtener producción continuada desde finales de octubre hasta junio, consiguiendo una buena calidad y rendimientos. Resultados obtenidos en zonas cálidas del sur de la Comunidad Valenciana y Murcia, han permitido completar este calendario, con este tipo de cultivares, haciendo siembras escalonadas.

Como se aprecia en las Tablas 5 y 6, utilizando estos cultivares con siembras desde finales de junio hasta el 15 de agosto, es posible realizar recolecciones desde mediados de octubre hasta mediados de febrero, con inflorescencias de muy buena calidad, como se ha podido constatar en la información resumida que se indica en estas tablas procedentes del resumen de numerosos años de eensayos realizados en el Centro de Experiencias Cajamar en Paiporta.

Destacan entre los cultivares de ciclo medio: 'Santa María', 'Casper', 'Naruto', 'Drakar', 'Meridien', 'Naruto', 'Appia', 'Sirente', 'Tipton', 'Skywalker', 'Alhambra', 'Atalaya' y 'Amiata'.

Figura 9. Cultivar de coliflor Naruto

Tabla 5. Programa de producción de coliflor con cultivares de ciclo medio, para recolección de octubre a enero, con trasplantes de julio y agosto

Cultivar	Año	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
Santa María	06/07	28	27			27	13			
	07/08	27	26			16	7			
	08/09	26		1			25	12		
	09/10	30	31			29	12			
	10/11	30	28				25	23		
	11/12	29		27			7			
	12/13	27		24			5			
	13/14	27		26		17				
Casper	03/04		16	21			4	23		
	05/06		19	18			10	5		
	07/08		20	14			12	12		
	08/09		24	22			5	9		
	09/10		23	20			9	19		
	10/11		23	18				9	11	
	12/13		17	17			16	11		
	13/14		17	20				9	7	
Naruto	06/07		19	18				4	18	
	07/08		20	14			23		21	
	08/09		24	22				31		23
	09/10		23	20			26		28	
	10/11		23	18				4	18	
	11/12		20	22				12	5	
	12/13		17	17				7	4	
	13/14		17	20				26	20	
Drakar	06/07		19	18					5	1
	09/10		23	20					4	25
	10/11		23	18					4	18
	11/12		20	22					13	23
	12/13		17	17					4	24

Fecha de siembra Fecha de trasplante Período de recolección

** Resultado de experiencias en el Centro de Cajamar en Paiporta (Valencia).*

Tabla 6. Programa de producción de coliflor con cultivares de ciclo medio, para recolección de octubre a enero, con trasplante de principios de septiembre

Cultivar	Año	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
Meridien	01/02			14	4				14	28
	02/03			14	12			16	9	
	03/04			13	12			23	12	
	04/05			10	14				7	3
	05/06			9	6				5	20
	07/08			8	6			26		17
	08/09			6	9				7	23
	09/10			13	10			28		21
	10/11			12	9			23		25
	11/12			10	9			27		23
	12/13			8	7			27		17
	13/14			8	5				3	20
Naruto	06/07			10	7			22		5
	07/08			8	6			21		17
	08/09			6	9				7	27
	09/10			13	10			31		25
	10/11			12	9				11	25
	11/12			10	9			30		19
	12/13			8	7				10	24
	13/14			8	5				14	27
Appia	07/08			8	6				11	21
	08/09			6	9				19	5
	09/10			13	10				11	
	10/11			12	9				11	1
	11/12			10	9				9	1
	12/13			8	7				10	29
Amiata	06/07			10	7				22	12
	07/08			8	6				14	1
	08/09			6	9				23	10
	11/12			10	9				13	14
	12/13			8	7				17	29

Fecha de siembra Fecha de trasplante Período de recolección

** Resultado de experiencias en el Centro de Cajamar en Paiporta (Valencia).*

Cultivares de ciclo largo: a este grupo corresponden aquellos cuyo ciclo se completa entre 130 y 180 días. En este ciclo podemos encontrar material vegetal que se adapta bien a los trasplantes durante el mes de septiembre en el área mediterránea, para obtener recolecciones desde mediados de enero hasta marzo. En esta misma zona se pueden también utilizar algunos cultivares con ciclo de 130 a 140 días, trasplantarlos a mediados de agosto para obtener pellas de gran calidad durante el mes de enero. En la zona centro y norte de España este tipo de cultivares son utilizados para recolecciones en los meses de enero a marzo, con trasplantes de agosto y principios de septiembre.

Dentro de este ciclo destacan cultivares como: 'Belot', 'Triomphant', 'Daydream', 'Terminillo', 'Talvena' y 'Sonata'.

Tabla 7. Programa de producción de coliflor con cultivares de ciclo largo, para recolección de enero a principios de abril, con trasplantes de principios y final de septiembre

Cultivar	Año	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr
Belot	97/98			11	1				2		12	
	98/99			12	9				29		12	
	99/00			18	10				7		16	
	00/01			21	11				18	1		
	01/02			14	4				4		15	
	02/03			14	12			23			17	
	06/07			10	7				1		22	
	07/08			8	6				17	8		
	09/10			13	10					12	2	
Triomphant	00/01			21	11				22	7		
	04/05			10	14				14		3	
	05/06			9	6				9		23	
	06/07			10	7					12	22	
	08/09			6	9					10	12	
	09/10			13	10					17	2	
	10/11			12	9					1	21	
	11/12			10	9					7	6	
	12/13			8	7					1	12	
	13/14			8	5					11	13	
Daydream	02/03			14	12					27	14	
	04/05			10	14						7 17	
	05/06			9	6					23	9	
	06/07			10	7					22	5	
	07/08			8	6					8	19	
	08/09			6	9					17	27	
	09/10			13	10						2 12	
	10/11			12	9					21	4	
	11/12			10	9						12 23	
Triomphant	02/03			28	23					3	27	
	03/04			28	30					2	16	
	04/05			31	30					14	17	
	05/06			31	29					16	23	
	08/09			29	2					19	6	
	09/10			27	6						3 9	
	10/11			27	23					7	22	
	11/12			30	29						29 8	
	13/14			29	27					11	17	
Terminillo	08/09			29	2						3 11	
	11/12			30	29						12 23	
	12/13			30	26					21	6	
	13/14			29	27					17	21	
Daydream	01/02			29	19					11	25	
	03/04			28	30					23	8	
	04/05			31	30						7 17	
	05/06			31	29					27	13	
	09/10			27	6						5 23	
	10/11			27	23					25	7	
	12/13			30	26					26	6	
Talvena	09/10			27	6						9 26	
	10/11			27	23					25	7	
	11/12			30	29						23 24	
	12/13			30	26					26	20	
	13/14			29	27					2	28	
Sonata	04/05			31	30						29 31	
	05/06			31	29						17 24	
	09/10			27	6						29 15	
	10/11			27	23						15 29	
	12/13			30	26						25 2	
	13/14			29	27						10 17	

■ Fecha de siembra ■ Fecha de trasplante ■ Período de recolección

** Resultado de experiencias en el Centro de Cajamar en Paiporta (Valencia).*

Tabla 8. Programa de producción de coliflor con cultivares de ciclo medio, para recolección de marzo a principios de junio, con trasplantes escalonados de noviembre a principios de marzo

Cultivar	Año	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Sirente	94/95					14		21			13	5		
	95/96					18		23			1	12		
	03/04					15		24			25	8		
	05/06					6		18			27	18		
	06/07					4		24			26	20		
	07/08					3		12			17		5	
	08/09					3		11			23	8		
	09/10					2		12			26	15		
Skywalker	07/08					3		12			11		28	
	08/09					3		11			23	15		
	09/10					2		12			26	9		
	10/11					5		18			4		26	
Tipton	06/07						8		19			13	8	
	07/08						8		27			10	7	
	08/09						6		24			23	11	
	09/10						6		30			4	11	
	11/12						9		21			27	11	
Sirente	98/99						5	10			7		30	
	99/00						17		23			11	25	
	00/01						22		2		6		17	
	01/02						14		31			11	25	
	02/03						13		8			29	12	
	03/04						13		30			20	28	
	04/05						9		30			6		23
	05/06						10		29			18	5	
	06/07						8		19			17	8	
	07/08						8		27			15	28	
	08/09						6		24			30		13
	10/11						9		29			26	9	
	11/12						9		21			27	7	
Santamaría	06/07						8		19			17	8	
	09/10						6		30			30		11
	10/11						9		29			26	6	
	11/12						9		21			24	7	
	13/14						8		7			15	30	
Alhambra	03/04						13		30			16	28	
	04/05						9		30			6		23
	05/06						10		29			21	2	
	08/09						6		24			27	11	
	11/12						9		21			24	7	
Santamaría	04/05							9		3		16		27
	05/06							9	24			2	8	
	07/08							12	25			23	4	
	09/10							11	22			6		20
Casper	02/03							17	24			2	8	
	05/06							9	24			2	10	
	07/08							12	25			23	4	
	08/09							11	28			4		18
	09/10							11	22			6		24
	13/14							30	12			6		13
Sirente	99/00							14	20			25	28	
	04/05							9	3				16	27
	05/06							9	24			2	8	
	07/08							12	25			2	9	
	09/10							11	22				14	28
Atalaya	07/08							12	25			5		6
	09/10							11	22				20	31
	13/14							30	12			6		19
Atalaya	07/08								9	22				2
	10/11								12	17			12	24
Santamaría	04/05								11	3			20	30
	05/06								12	24			9	26
	06/07								11	22			11	17
	10/11								12	17			6	20

Fecha de siembra Fecha de trasplante Período de recolección

** Resultado de experiencias en el Centro de Cajamar en Paiporta (Valencia).*

Tabla 9. Calendario de producción de coliflor romanesco*

Cultivar	Año	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr
Verónica	10/11	30	28					15	17			
	11/12	29	27					1	26			
Tipoff	09/10	30	31				12	19				
	10/11	30	28					10	17			
	11/12	29	27					9	26			
Pirámide	09/10	30	31				16	3				
	10/11	30	28					10	17			
	11/12	29	27					9	26			
Pirámide	09/10		23	20				7	23			
	10/11		23	18				4	25			
	11/12		20	22				19	23			
	12/13		17	17				17	4			
Tipoff	09/10		23	20			19	10				
	10/11		23	18				4	25			
	11/12		20	22				5	27			
	12/13		17	17			16	17				
Verónica	10/11		23	18				16	18			
	11/12		20	22				5	27			
	12/13		17	17			16	4				
Verónica	09/10			13	10			28	25			
	10/11			12	9				11	1		
	11/12			10	9			12	2			
Tipoff	09/10			13	10			4	25			
	10/11			12	9				11	1		
	11/12			10	9			19	5			
Pirámide	09/10			13	10				11	1		
	11/12			10	9				5	26		
Lazio	09/10			13	10				1	2		
	10/11			12	9				7	22		
	11/12			10	9				23	29		
Verónica	11/12			30		29			20	29		
Tipoff	10/11			27		23			12	2		
	11/12			30		29			20	22		
Pirámide	10/11			27		23			12	15		
Lazio	10/11			27		23			7	22		
	11/12			30		29				22	6	

■ Fecha de siembra ■ Fecha de trasplante ■ Período de recolección

** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Cultivares de ciclo extralargo: cuyo período desde trasplante a recolección es superior a 180 días, contando con cultivares de hasta 250 días. Este grupo es únicamente utilizado en zonas frías del centro y norte de España, para, con plantaciones de agosto y septiembre, realizar recolecciones durante los meses de marzo, abril y mayo. Entre los cultivares destacar: 'Armando', 'Ciren', 'Diamen', 'Fabian', 'Jerome', 'Lattai', 'Martian', 'Maverick', 'Mayfair', 'Picasso' y 'Tivoli'.

Existen en el mercado coliflores con inflorescencias de color verde como 'Emeraude F1' de ciclo 90-100 días y una buena tolerancia a la aparición de brácteas. 'Kosmos' de ciclo algo más tardía, tiene un gran desarrollo vegetativo y se puede usar en trasplantes tardíos según zonas. 'Panther F1' es una coliflor verde muy precoz y hay otras como 'Primaverde', 'Trevi F1' o 'Verdant'.

Entre las coliflores romanesco destacan cultivares como 'Lazio F1' de pellas homogéneas bien estructuradas y buena compacidad; 'Verónica F1' que se comporta muy bien ante enfermedades de la inflorescencia en condiciones adversas; 'Tipoff' y 'Pirámide'. Con ellas se puede diseñar un calendario de recolecciones comprendido entre noviembre y principios de marzo (Gráfico 9).

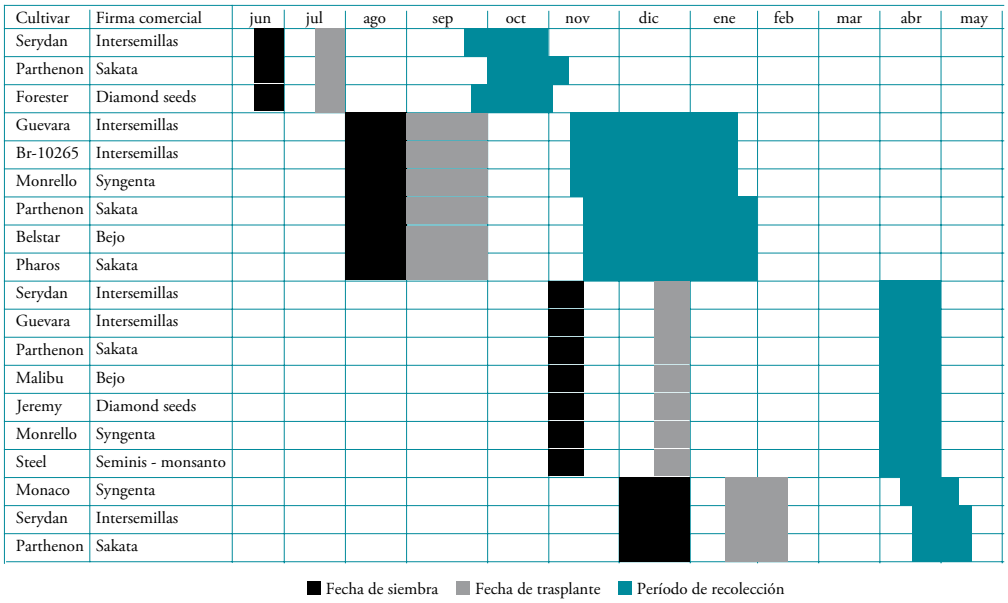
Existen en el mercado otras coliflores con inflorescencias de color morado como los cultivares 'Aston purple F1', 'Graffiti F1' y 'Rosalind F1'.

3.7.2. Bróculi

En bróculi durante mucho tiempo los cultivares más utilizados en España han sido 'Lord', 'Marathon' o 'Pentathlon', aunque en los últimos años se han ido sustituyendo por nuevo material vegetal como 'Serydan', 'Parthenon', 'Pharos', 'Forester', 'Malibu', 'Guevara', 'Jeremy', la línea 'BR-10265', 'Steel', 'Monrello' y 'Monaco' y, de forma aproximada, pueden establecerse agrupaciones por la duración de los ciclos similares a la de la coliflor, aunque en los cultivares más empleados en la actualidad con duraciones más próximas a las indicadas entre ciclos precoces y medios (Tabla 10).

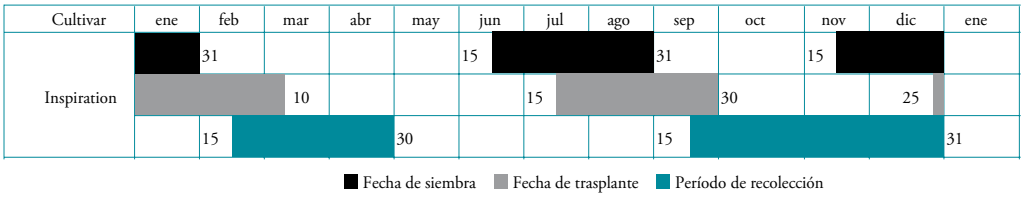
En relación al cultivo de «bimi», en este momento el cultivar que mejores resultados ofrece es 'Inspiration'. Los trabajos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, han permitido diseñar un pequeño calendario. El período de recolección se desarrolla con 5 a 8 pasadas con las que se han obtenido unos rendimientos de 1.300 kg/ha en cada recolección (Tabla 11).

Tabla 10. Calendario de producción de bróculi



** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Tabla 11. Calendario de producción de Bimi



** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

3.7.3. Minicoliflores

En las coliflores mini la recolección se realiza con un peso de sus inflorescencias de 200 a 250 g y, como se ha indicado, hay que emplear marcos de plantación muy densos, de unas 100.000 plantas/ha y trabajando con variedades que se adapten bien a este tipo de plantación. Para conseguir una buena calidad de coliflor se debe ajustar el punto de corte, que generalmente se realizará antes de que abra las hojas que cubren la pella, para conseguir la calidad adecuada.

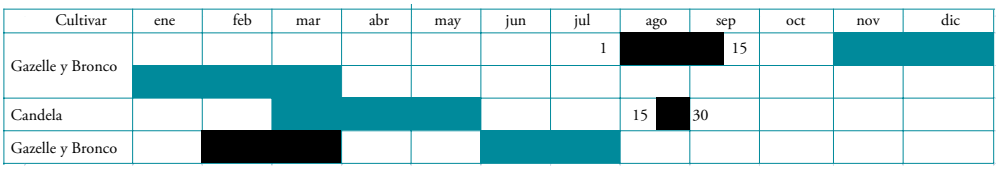
3.7.4. Coles-repollo

Sus cultivares tanto de hoja lisa, como de hoja rizada o de Milán se clasifican en función de la estación en la que se recolectan y su adaptación a una determinada época del año. Puede hablarse de variedades de primavera/verano y de otoño/invierno. Cuando el color de las hojas es más o menos morado se habla de «coles lombardas».

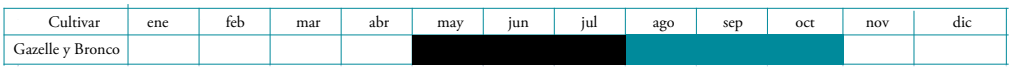
En col repollo de hoja lisa existen, en general, cultivares en los que la forma de la pella es redondeada y otros en que es más aplanada, muchos de ellos híbridos. Dentro del primer tipo destacan 'Gacelle', 'Bronco' y 'Candela', y del segundo tipo 'Ducati', 'Sentinel', 'Green lunar' y 'Sweety'. En las Tablas 12, 13 y 14 se exponen distintas propuestas de calendarios productivos para diversos tipos. La duración de los ciclos de cultivo varía en un intervalo parecido al indicado para la coliflor.

Tabla 12. Propuesta de calendario de producción de col repollo de hoja lisa

Forma redondeada

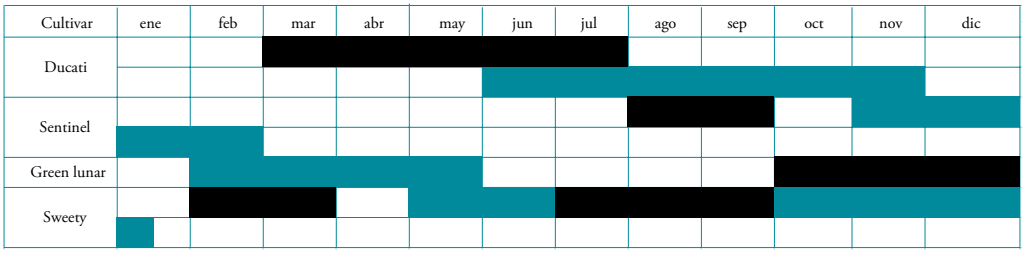


■ Fecha de trasplante ■ Período de recolección



** Observaciones: en Segovia, Teruel o Albacete (a 750-1.000 m de altitud).*

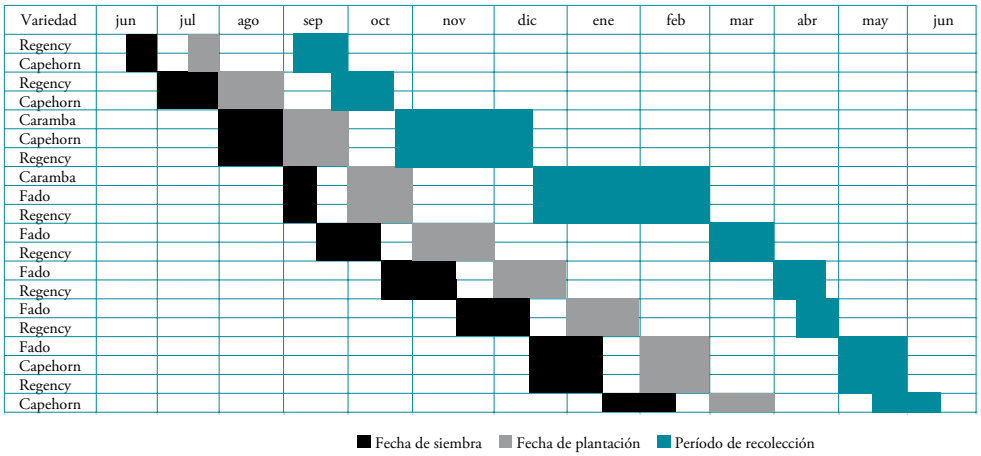
Forma aplanada



■ Fecha de trasplante ■ Período de recolección

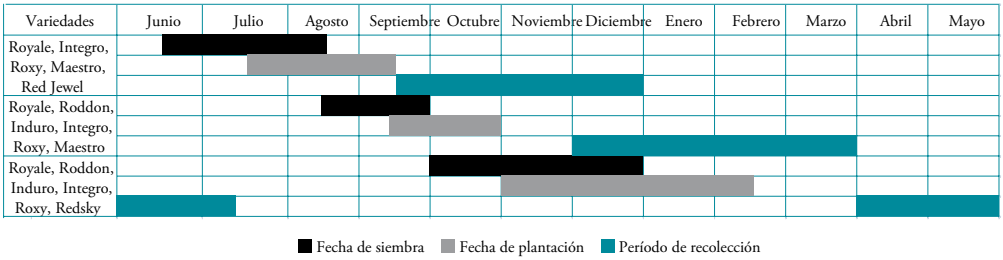
** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Tabla 13. Propuesta de calendario de producción de col-repollo picuda



** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Tabla 14. Propuesta de calendario de producción de col lombarda



** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

En la Tabla 15 se adjunta una propuesta de calendario productivo en los cultivares de col de Milán más utilizados en la Comunidad Valenciana.

Tabla 15. Propuesta de calendario de producción de col de Milán

Cultivar	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Melissa							20		10			
Caserta							20		10			
Sabrosa								15	30			
Melissa y Clarissa												
Estoril		15		30					15			
Melissa	1	10										

■ Fecha trasplante ■ Período de recolección

Cultivar	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Melissa												

** Observaciones: en Segovia, Teruel o Albacete (a 750-1.000 m de altitud).*

** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

3.7.5. Col de Bruselas

Los nuevos cultivares híbridos se pueden agrupar según criterios de precocidad en la siguiente clasificación:

- *Variedades precoces*: se recolectan entre septiembre y noviembre. Con cultivares como 'Franklin', 'Diablo', 'Nautic', 'Irena', 'Gustus' y 'Maximus'.
- *Variedades de media estación*: con cultivares como 'Maximus', 'Irene', 'Diablo' y 'Brilliant'.
- *Variedades tardías*: se recolectan entre diciembre y marzo. Destacan los cultivares como 'Maximus', 'Diablo', 'Boswoth', 'Cromwell' y 'Churchill'.

En la Tabla 16 se plantea una propuesta de calendario de col de Bruselas con 4 cultivares.

Tabla 16. Propuesta de calendario de producción de col de Bruselas

Variedad	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
Gustus (Syngenta)	20 - 30	20 - 30									
Franklin (Bejo)											
Maximus (Syngenta)											
Diablo (Bejo)											

■ Siembra ■ Trasplante ■ Recolección

** Obtenido a partir de los ensayos realizados durante varios años en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

3.8. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías

3.8.1. Plagas

Son varias las especies de lepidópteros (mariposas) que, en su fase larvaria como orugas, pueden atacar a estos cultivos como devoradores de hojas principalmente. Algunos de estos insectos actúan específicamente sobre estos cultivos, mientras que otros son polífagos.

Dentro de las plagas de orugas específicas a las crucíferas pueden, a su vez, de manera práctica, concretarse 2 grupos: uno constituido por las mariposas y larvas de mayor tamaño y otro por las pequeñas larvas y mariposas, denominadas estas, genéricamente, polillas.

El grupo de las mariposas que llamamos «grandes» está constituido, principalmente, por los géneros: *Pieris* y *Mamestra*. La especie más abundante es la *Pieris brassicae* aunque en ocasiones pueden observarse ataques de *Pieris rapae*; el género *Mamestra* es menos corriente y tan solo la especie *brassicae* ataca a estas crucíferas.

El grupo de pequeñas mariposas o polillas se constituye por especies cuyos adultos no sobrepasan los 1,5 cm de envergadura y cuyas larvas tienen alrededor de 1 cm de longitud. Destacan las especies *Plutella xylostella* y *Hellula undalis* que están también ampliamente difundidas nacional o internacionalmente.

Entre las plagas polífagas que de manera esporádica pueden producir daños a las crucíferas, también como devoradoras de hojas, y a veces del propio brote terminal, están distintas especies de los géneros *Spodoptera* (rosquillas) y *Plusia* (camellos), plagas de costumbres nocturnas, ampliamente difundidas por atacar a numerosos cultivos hortícolas.

Entre los pulgones en crucíferas, el más importante, habitual y característico es el *Brevicoryne brassicae* o pulgón ceroso de las crucíferas. De manera general, en primavera y otoño puede alcanzar poblaciones muy altas.

La mosca de la col, es un díptero minador cuyo nombre genérico, indistintamente, es: *Chortophila, Ilemia, Delia* o *Phorbia*. Normalmente la especie a la que se atribuyen los daños se le denomina *brassicae*.

Otras plagas de suelo que atacan a estas hortalizas son: el «gusano de alambre», coleóptero del género *Agriotes* y el «gusano gris» o «Dormidor», lepidóptero noctuido del género *Agrotis*. Ambos pueden causar daños, sobre todo, a las plantas jóvenes y, en caso de que la población sea alta, la mejor solución es tomar medidas previas a la plantación mediante la incorporación al terreno de insecticidas granulados. La «cecidomia de la coliflor», es un díptero denominado *Contarinia nasturtii*, cuyo adulto deposita los huevos en la base de las hojas centrales. Cuando aparecen las larvas, aplastadas y blanquecinas, de 3-4 mm de longitud, alteran el brote principal, futuro cogollo, de la planta impidiendo su desarrollo normal y propiciando la formación de varias pellas secundarias.

Figura 10. Pulgón en coliflor

Con el nombre de «falsa potra», se denomina al coleóptero curculiónido *Ceutorrynchus pleurostigma*, especie de escarabajo que realiza la puesta en el cuello de las plantas evolucionando allí mismo la larva y causando una especie de verrugas o hipertrofias en el tejido vegetal, quedando las plantas ostensiblemente debilitadas por esta acción.

Como «pulguillas de las crucíferas», se conoce a diversos coleópteros crisomélidos de la subfamilia Halticinae. Entre ellos existen varias especies incluidas en los géneros *Phyllotreta* y *Psylliodes*. Los más importantes son *Phyllotreta nemorum*, *P. cruciferae*, *P. atra*, *P. undulata* y *Psylliodes chrysocephala.* Son insectos de pequeño tamaño, de 2-4 mm. Pueden presentar en sus élitros bandas o manchas amarillas, aunque hay otras especies que presentan una coloración oscura y uniforme (verde o azul metálico). El aspecto general de todas las especies es muy parecido. Su daño consiste en que los adultos, pequeños escarabajillos, roen las hojas de las plantas jóvenes, reduciendo, proporcionalmente de manera importante si las poblaciones son altas, la superficie foliar.

Figura 11. Pulguilla de la coliflor

Entre las plagas emergentes caben señalarse los problemas planteados actualmente por el nematodo *Heterodera cruciferae*, sobre las raíces.

También en crucíferas se observa en los últimos años que se está produciendo una presencia relativamente abundante de «mosca blanca». Aunque en determinadas circunstancias climáticas puede tratarse de *Trialeurodes vaporariorum* lo más habitual es que sea la especie *Aleurodes proletella*, sinónimo de *A. Brassicae*, dentro de los homópteros aleuródidos.

Caracoles y babosas, que pertenecen a los géneros *Helix* y *Agriolimax* respectivamente. En épocas lluviosas y especialmente en otoño es cuando realizan las puestas en el suelo, estando condicionada la eclosión por la humedad.

La mayor parte de las aves son beneficiosas para los cultivos ya que se alimentan de insectos que son plaga; aunque, a veces, pueden producir daños si lo hacen de hojas tiernas de las coles, siendo los principales causantes gorriones y estorninos.

Los conejos y liebres pueden también alimentarse de hojas y brotes tiernos, causando los principales daños tras el trasplante. Entre los roedores se pueden encontrar ratas, ratones, topillos, «ratillas de campo» y ratas de agua.

Figura 12. Mosca blanca de la col

Figura 13. Caracoles

3.8.2. Enfermedades

El «mildiu» de las crucíferas (*Peronospora brassicae*), en principio es posiblemente la enfermedad criptogámica más común, produce decoloraciones amarillentas en el haz foliar que se corresponden con la aparición en el envés de un micelio grisáceo. Posteriormente produce una desecación manifiesta de las hojas. Es muy frecuente con climas templados y humedades. Puede combatirse preventivamente con oxicloruro de cobre, mancoceb, etc. y, más curativamente, con fungicidas sistémicos o translaminares, como metalaxil, benalaxil, etc.

En los últimos años los daños en coles se han visto incrementados por «picadura» o *black spot*, siendo muy graves en el período de otoño debido a los hongos *Alternaria brassicae* y *A. brassicicola*.

La enfermedad conocida como «hernia de las crucíferas», causada por el hongo *Plasmodiophora brassicae*, produce tumefacciones en las raíces y para su desarrollo requiere de suelos ácidos progresando en aquellos marcadamente calizos.

En ocasiones, sobre las pellas de la coliflor se observa una especie de velo negro causado por un hongo del género *Cladosporium* que se desarrolla cuando las condiciones de humedad y temperatura le son favorables.

También bajo condiciones de humedad abundante y temperaturas frescas puede desarrollarse, sobre todo si el suelo está infectado por cultivos anteriores, los hongos *Botrytis cinérea* y *Sclerotinia* sp. atacando hojas, cuello o pellas.

Entre los hongos que atacan al cuello de estas hortalizas se puede observar la presencia de *Fusarium* sp *Rhizoctonia solani* o *Phoma Lingam*.

Sobre estas crucíferas se presentan, a veces, enfermedades bacterianas con incidencias importantes, entre las que se pueden destacar el género *Xanthomonas*, que producen manchas en forma de V en los bordes de los limbos que posteriormente se expanden y desecan todas las hojas. También aparecen a menudo podredumbres debidas a *Pseudomonas* y *Erwinia* así como la singular enfermedad causada por la bacteria del género *Rhodococcus*.

En cultivos de distintas *Brassicas* se ha recurrentemente aislado la bacteria *Rhodococcus fascians*, a la que se atribuyen síntomas relacionados con una reducción del crecimiento de las plantas, abundantes brotaciones anormales e hipertrofia a nivel de cuello, con gran cantidad de raicillas secundarias, de la que parten brotes secundarios.

Entre las virosis, el virus del mosaico de la coliflor (CaMV) y el del amarilleo necrótico del bróculi (BNYV) son las más importantes. Son transmitidas ambas por pulgones, la primero por diversas especies, entre las que se encuentra el *Brevicoryne brassicae* y la segunda de manera exclusiva por esta misma especie.

Figura 14. Bacteriosis en coliflor

3.8.3. Fisiopatías

Todas estas hortalizas se suelen consideran como plantas que ofrecen una cierta resistencia al frío, a pesar de lo cual las heladas, cuando son intensas y en función del cultivar, pueden afectar muy negativamente. La sumersión de las plantas durante varios días por lluvias otoñales torrenciales, también puede provocar daños ostensibles.

Entre otros desórdenes puede citarse (Maroto *et al.*, 2007) la aparición de hojas bracteiformes en los cogollos preflorales o florales de coliflores y bróculi, que puede ser debida a una vernalización excesivamente corta, a una elevación brusca de las temperaturas, tras la fase de inducción o/y a la exposición de las plantas a temperaturas excesivamente altas tras la fase juvenil.

Figura 15. Bracteado en bróculi

La formación prematura de cogollos preflorales suele producirse cuando se inicia la formación de la inflorerescencia, antes de que la planta haya alcanzado un desarrollo vegetativo normal, en cuyo caso se forman pellas preflorales de pequeño tamaño, con una forma anormal en «paraguas», que pueden abrirse tempranamente, y cuyas brácteas periféricas están excesivamente desarrolladas.

La apertura prematura del cogollo prefloral, producida por la diferenciación prematura de brotes florales sobre la superficie del cogollo, proba-

blemente se produce como consecuencia de la incidencia de temperaturas excesivamente altas a lo largo o al final de la formación de las inflorescencias.

Las deformaciones en las inflorescencias son muy frecuentes en bróculi y pueden ser plásticas, en el sentido de que la superficie de las mismas aparece irregularmente ondulada o bien abriendo excesivamente algunos brotes florales. La causa de estas deformaciones parece residir en el exceso de calor durante la fase de formación de inflorescencias.

La «borra» o «vello» de la coliflor se manifiesta sobre la superficie del cogollo prefloral en el que los brotes aparecen desiguales y vellosos. Aunque existe susceptibilidad varietal a esta fisiopatía, un exceso de calor y un crecimiento excesivamente rápido (que puede estar también coadyuvado por una fertilización nitrogenada excesiva) son los factores a los que suele ser atribuido este desorden.

Decoloraciones de las inflorescencias. Una radiación excesiva puede ser la causa de decoloraciones en la superficie de los cogollos de las coliflores, apareciendo manchas generalmente amarillentas. La aparición de manchas moradas sobre el cogollo de las coliflores puede atribuirse a la susceptibilidad varietal, a un exceso de insolación, a la incidencia de temperaturas bajas, y a un estadio de madurez avanzada.

Figura 16. Tonos rosáceos en una inflorescencia de coliflor

El «granos marrón» en bróculi es una fisiopatía muy frecuente en producciones otoñales y primaverales, en las que se registran elevaciones fuertes y súbitas de la temperatura, sobre determinados cultivares. Consiste en la aparición de botones florales de color marrón que posteriormente pueden llegar a desprenderse de la inflorescencia, y que deprecian la calidad comercial del producto.

Como vernalizante obligada, la coliflor, y sobre todo sus cultivares más bienuales (de invierno), pueden llegar a no florecer en caso de no haber sufrido un período de la acción vernalización suficientemente intenso.

Las coles-repollo, son susceptibles a la floración prematura, interviniendo por una parte, el genotipo de las variedades y factores ambientales principalmente la acción vernalizante de las bajas temperaturas. El *tip burn* o *scorch,* que se manifiesta por necrosis marginales en las hojas interiores y decoloraciones parduzcas, es una fisiopatía atribuida a una mala traslocación de calcio, posiblemente en la que pueden intervenir factores como un exceso de fertilización nitrogenada, una humedad relativa demasiado baja, exceso de salinidad, etc. El *black speck* de las coles-repollo es una fisiopatía que puede aparecer en cogollos maduros, tras una o más semanas de conservación frigorífica, localizado en hojas tanto externas como internas. Y el *reventado*, que es generalmente debido a una sobremadurez.

Figura 17. *Tip burn* e inicio de «subida a flor» en col picuda

Entre los desórdenes nutricionales caben citarse:

- *Exceso de nitrógeno*. Un exceso en la disponibilidad nitrogenada, que exacerbe el crecimiento de forma rápida, puede ser responsable de la aparición de zonas ahuecadas de los tallos y tálamos florales. Otros factores, como un marco de plantación demasiado amplio o una elevada temperatura que propicie un crecimiento muy rápido de las plantas, también pueden incidir en este ahuecado de tallos.
- *Carencia de boro*. Aparecen en los pecíolos de las hojas manchas corchosas, escaso desarrollo radical y manchas necróticas en los cogollos. Este desorden nutricional puede ser relativamente frecuente en suelos alcalinos.
- *Carencia de molibdeno*. Produce un desarrollo anormal de los limbos foliares, que en casos extremos puede dejar reducidas las hojas al nervio central. Muchas plantas no dan producción alguna y otras forman cogollos muy pequeños. Esta carencia suele presentarse más frecuentemente en suelos con pH ácidos.

4. Composición y propiedades

Aquellas *Brassicas* que se aprovechan a través de sus preinflorescencias o inflorescencias poseen un sabor característico, debido, como en el caso de las coles y en general en todas las crucíferas, a la presencia de algún glucosinolato, concretamente isotiocianato de alilo y butilo, y/o vinil-tio-oxazolina, goitrina, etc. Curiosamente, se ha podido constatar que en bróculis, los genotipos resistentes a la «hernia» o «potra» de la col (*Plasmodiophora brassicae*) poseen un menor contenido en glucosinolatos (particularmente isotiocianato).

Son plantas que en sus partes comestibles son bajas en calorías (30-40 cal/100 g), con un contenido en vitaminas y minerales apreciable, sobre todo el bróculi que posee una altísima concentración en vitamina A (3.500 UI/100 g) (Maroto, 1995b).

El bróculi es más nutritivo si se consume inmediatamente después de cosechado. Es una buena fuente de β-carotenos (precursores de la vitamina A), vitamina C, ácido fólico, hierro y potasio. Se le atribuyen amplias propiedades anticancerígenas tanto por su contenido en glucosinolatos (glucobrasicina, glucorafanina, etc.) como por su elevada disponibilidad de vitamina A. Al cocinarlo despide un olor fuerte característico, por su contenido en sustancias azufradas.

Tabla 17. Valor nutricional del bróculi por 100 g de producto comestible

Proteínas (g)	5,45	Vitamina C (mg)	118
Lípidos (g)	0,3	Calcio (mg)	130
Glúcidos (g)	4,86	Fósforo (mg)	76
Vitamina A (UI)	3.500	Hierro (mg)	1,3
Vitamina B_1 (mg)	100	Calorías (cal)	42-32
Vitamina B_2 (mg)	210		

Fuente: Watt *et al.* (1975).

A la coliflor también se le atribuyen propiedades anticancerígenas. Posee baja densidad calórica (es decir, que aporta muy pocas calorías y mucho volumen), es muy rica en fibra, en vitamina C, folatos, vitamina B6 y minerales (potasio y fósforo). También contiene cantidades discretas de hierro, magnesio y calcio. Contiene sustancias con azufre (dimetilsulfuro, trimetilsulfuro…), que son las responsables del característico olor que despide cuando se cocina. Se puede consumir cruda, cortada en bastoncillos para servir en una picada con alguna salsa.

Tabla 18. Valor nutricional de la coliflor

Porción comestible	0,62	Potnicot	0,5
Agua (g)	92,7	Vitamina C (mg)	60
Azúcares (g)	1,5	Vitamina E (mg)	0,2
Fibra alimentaria	2,1	Vitamina B6 (mg)	0,2
Kilocaloría	13	Vitamina B12 (mg)	0
Kilojulios	56	Ácido fólico libre (mg)	30
Proteínas (g)	1,9	Ácido fólico total (mg)	39
Lípidos (g)	0	Ácido Pantoténico (mg)	0,6
Carbohidratos	1,5	Biotina (mg)	1,5
Potasio (mg)	350	Lípidos saturados (g)	0
Calcio (mg)	21	Lípidos monoinsaturados (g)	0
Magnesio (mg)	14	Lípidos polisaturados (g)	0
Fósforo (mg)	45	Colesterol (g)	0
Hierro (mg)	0,5	Vitamina K (mg)	0
Retinos - vitamina A (UI)	0	Glucosa (g)	1,1
Caroteno (mg)	30	Fructosa (g)	0,9
Vitamina D (mg)	0	Lactosa (g)	0
Tiamina (mg)	0,1	Sacarosa (g)	0,1
Riboflavina (mg)	0,1	Ácido fítico (mg)	0,
AC. Nicotínico	0,6		

Fuente: Watt *et al.* (1975).

A las coles-repollo, en las referencias escritas más antiguas, se les atribuyen diversas propiedades medicinales como plantas digestivas, así como que podían eliminar los efectos de la embriaguez alcohólica. También, por su contenido en glucosinolatos se consideran un elemento preventivo de los tumores cancerígenos.

Tabla 19. Composición nutritiva de algunas variedades de col-repollo (por 100 g de parte comestible)

	Col-repollo común	Col-repollo roja	Col de Milán tipo Savoy
Agua %	92,4	90,2	92
Proteínas (g)	1,3	2,0	2,4
Grasas (g)	0,2	0,2	0,2
Hidratos de carbono totales (g)	5,4	6,9	4,6
Fibra (g)	0,8	1,0	0,8
Cenizas (g)	0,7	0,7	0,8
Calcio (mg)	49	42	67
Fósforo (mg)	29	35	54
Hierro (mg)	0,4	0,8	0,9
Sodio (mg)	20	26	22
Potasio (mg)	233	268	269
Vitamina A (UI)	130	40	200
Tiamina (mg)	0,05	0,09	0,05
Riboflavina (mg)	0,05	0,06	0,08
Acido ascórbico (mg)	47	61	55
Niacina (mg)	0,3	0,4	0,3
Valor energético (cal.)	24	31	24

Fuente: Watt *et al.* (1975).

5. Economía del cultivo

5.1. Producción mundial

La producción mundial de coles es destacada en Asía seguida de Europa, que experimenta un cierto retroceso y de África, que ha duplicado su producción en los últimos 10 años (Tabla 20).

El principal país productor y exportador es China, le sigue en producción India, que ha experimentado un crecimiento importante en los últimos 10 años. En tercer lugar se encuentra la Federación de Rusia, en la que se observa una reducción de su producción de un 25 % en los últimos años (Tabla 21).

La coliflor y el bróculi son unos productos hortícolas de gran importancia económica mundialmente, con una producción total superior a los 22 millones de toneladas y con un crecimiento en los últimos 10 años del 35 % (Ta-

bla 22). Asia es el principal productor con más de 18 millones de toneladas producidas en 2013, con un crecimiento también en ese mismo período del 43 %. El segundo continente en importancia es Europa con 2,3 millones de toneladas producidas en 2013, observando un cierto estancamiento en la última década. Como ocurre en el resto de coles, aunque su producción no es todavía importante, destaca el crecimiento de estas hortalizas en el continente africano, que ha sido del 90 %.

Tabla 20. Producción mundial de coles y otras crucíferas, excepto coliflor y bróculi. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%) 2003-2013
América	3.048.853	2.361.974	2.073.080	2.148.491	2.145.211	2.443.595	-19,85
Asia	50.612.537	49.549.505	47.240.996	47.919.589	47.919.589	53.186.247	5,09
Europa	13.319.834	12.587.420	10.693.394	11.728.967	12.230.696	11.569.634	-13,14
África	2.136.449	1.966.665	2.103.088	2.311.377	2.402.402	4.111.959	92,47
Oceanía	102.843	120.334	127.815	122.295	119.017	122.645	19,25
Mundo	**69.220.516**	**66.585.898**	**62.238.373**	**64.230.720**	**68.584.199**	**71.433.980**	**3,20**

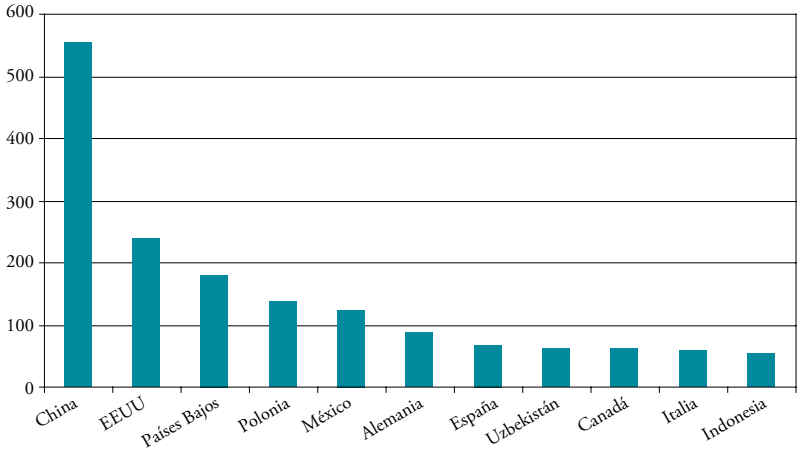
Fuente: FAO.

Tabla 21. Producción mundial por países de coles y otras crucíferas, excepto coliflor y bróculi. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%)
China, Continental	33.500.000	32.000.000	30.000.000	29.625.000	31.750.000	31.700.000	-5,37
India	5.392.000	6.113.500	5.584.000	6.869.600	7.949.000	8.534.000	58,27
Federación de Rusia	4.442.210	4.051.090	2.661.736	3.312.090	3.527.620	3.328.876	-25,06
República de Corea	2.959.855	2.602.613	2.537.615	2.848.009	3.049.333	2.434.415	-17,75
Ucrania	1.528.000	1.475.400	1.309.500	1.509.300	2.004.000	2.082.500	36,29
Japón	2.340.500	2.288.300	2.276.500	1.385.000	1.375.000	2.356.862	0,70
Indonesia	1.348.433	1.292.687	1.288.740	1.358.113	1.363.741	1.406.073	4,27
Polonia	1.289.200	1.381.637	1.389.200	1.337.348	1.288.735	1.022.434	-20,69
Rumania	1.019.234	1.011.633	899.245	1.004.191	1.027.844	1.158.747	13,69
Estados Unidos	1.981.190	1.101.090	911.210	1.019.080	959.750	1.239.669	-37,43

Fuente: FAO.

Gráfico 3. Principales países exportadores de coles y otras crucíferas, excepto coliflor y bróculi. En miles de toneladas



Fuente: FAO.

Tabla 22. Producción mundial de coliflor y bróculi. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%) 2003-2013
América	807.033	898.808	914.831	1.017.230	961.647	1.031.567	27,82
Asia	12.812.012	12.980.232	14.720.144	16.153.949	16.990.210	18.418.848	43,76
Europa	2.429.263	2.305.130	2.304.585	2.185.500	2.372.965	2.298.176	-5,40
África	224.857	246.428	273.412	287.609	455.973	426.237	89,56
Oceanía	182.357	179.859	114.793	112.286	103.877	104.030	-42,95
Mundo	**16.455.522**	**16.610.457**	**18.327.765**	**19.756.574**	**20.884.672**	**22.278.858**	**35,39**

Fuente: FAO.

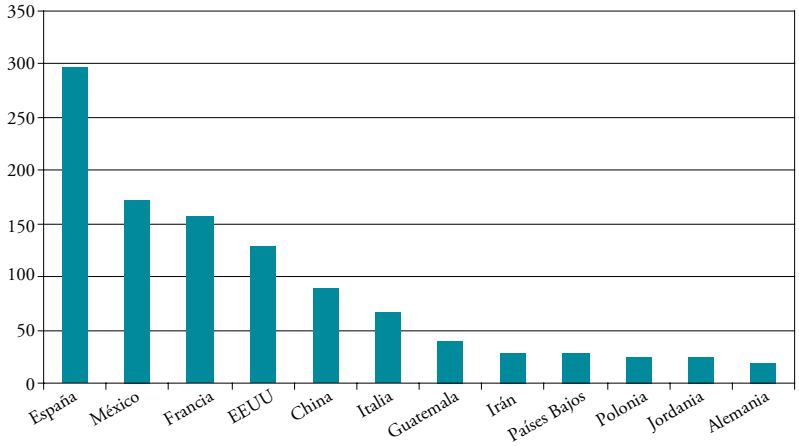
Los principales países productores son China e India. En 2013, China llegó a producir más de 9 millones de toneladas, con un crecimiento de estas coles, en los últimos 10 años, del 30 %; mientras que India gozó de un crecimiento superior (63,31 %) y produjo 7,887 millones de toneladas. España es el tercer país productor del mundo, con un crecimiento bastante más moderado, además de ser el principal exportador del mundo, seguido de México y Francia (Tabla 23).

Tabla 23. Producción mundial por países de coliflor y bróculi. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%)
China	7.000.000	7.300.000	8.000.000	8.350.000	8.935.000	9.100.000	30,00
India	4.800.000	4.514.800	5.538.000	6.531.900	6.745.000	7.887.000	64,31
España	509.911	441.800	440.254	351.036	513.783	540.900	6,08
México	331.746	358.587	326.108	415.486	427.884	481.073	45,01
Italia	484.854	430.669	410.571	395.637	420.989	381.634	-21,29
Francia	428.442	347.607	381.909	365.778	364.558	337.767	-21,16
Estados Unidos	296.423	327.222	319.330	325.090	301.590	288.740	-2,59
Polonia	215.214	238.841	282.425	291.131	297.649	276.030	28,26

Fuente: FAO.

Gráfico 4. Principales países exportadores de coliflor y bróculi. En miles de toneladas



Fuente: FAO.

España es el principal país productor de coliflor y bróculi en la Unión Europea y, junto a Polonia y Bélgica, son los únicos en los que se aprecia un crecimiento de su producción (Tabla 24).

Tabla 24. Producción de la Unión Europea por países de coliflor y bróculi. En toneladas

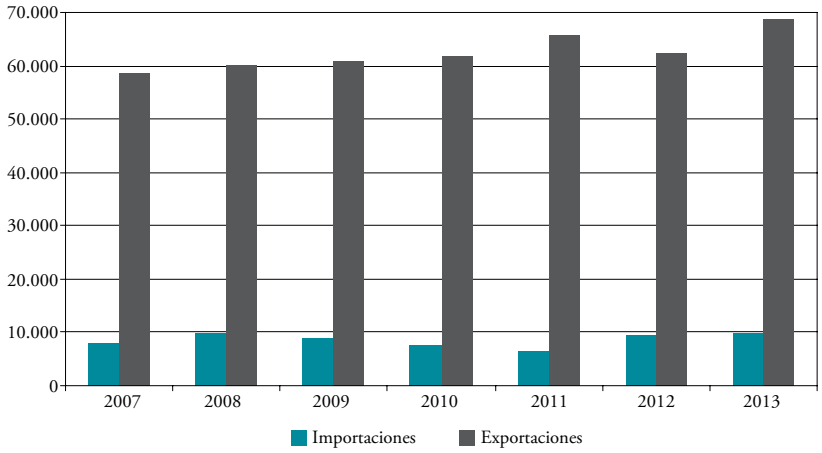
	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Var. (%)
España	509.911	441.800	440.254	351.036	513.783	540.900	6,08
Italia	484.854	430.669	410.571	395.637	420.989	381.634	-21,29
Francia	428.442	347.607	381.909	365.778	364.558	337.767	-21,16
Polonia	215.214	238.841	282.425	291.131	297.649	276.030	28,26
Reino Unido	188.000	220.400	190.400	186.200	180.577	155.700	-17,18
Alemania	168.135	176549	150.737	168.089	144.136	154.082	-8,36
Bélgica	95.000	86.212	92.000	88.000	99.660	96.000	1,05
Grecia	88.000	86.273	96.578	61.000	85.800	77.900	-11,48
UE-27	**2.380.155**	**2.246.732**	**2.256.646**	**2.127.090**	**2.313.799**	**2.240.374**	**-5,87**

Fuente: FAO.

5.2. Comercio exterior en España

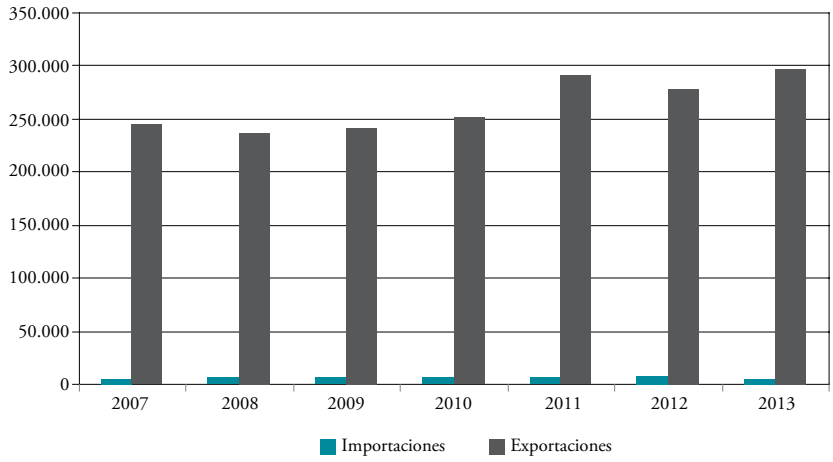
España exportó cerca de 70.000 t de otras coles y de 300.000 t de coliflores y bróculi en 2013. En 2015 en el conjunto de todas las coles, las exportaciones supusieron cerca de 450.000 t, destacando los meses de invierno y primavera. Los principales países de destino fueron Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Francia (Gráficos 5, 6, 7 y 8).

Gráfico 5. Exportaciones e importaciones de otras coles, excepto coliflor y bróculi, en España. En toneladas



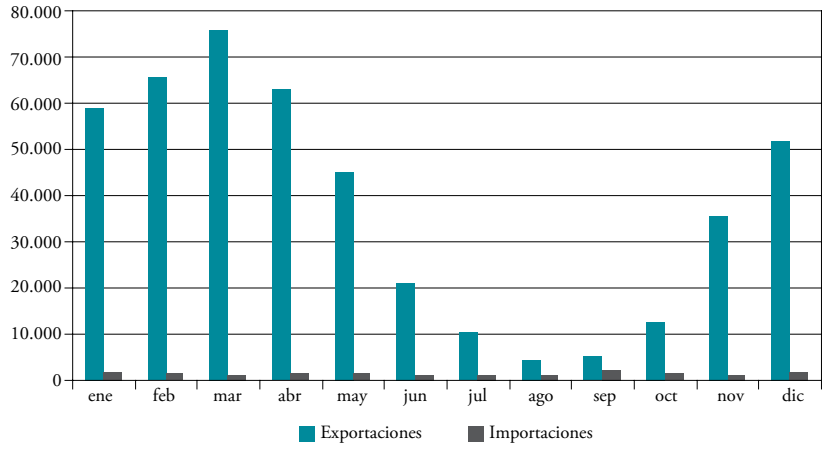
Fuente: FAO.

Gráfico 6. Exportaciones e importaciones de coliflor y bróculi en España. En toneladas



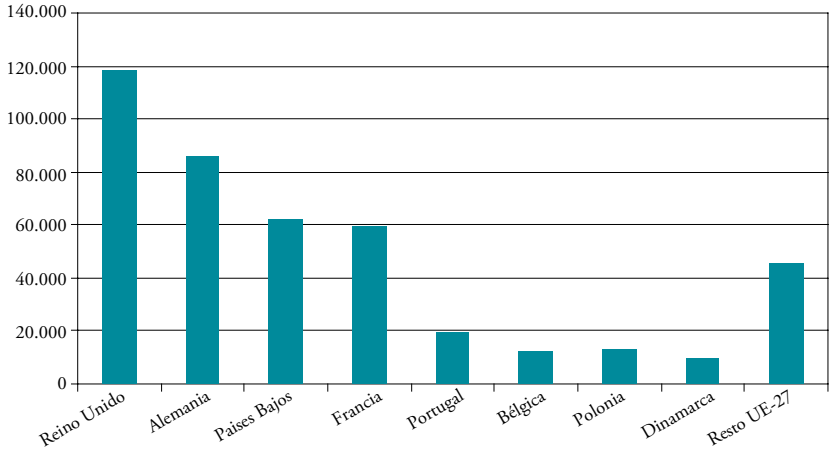
Fuente: FAO.

Gráfico 7. Exportación e importación de todos los tipos de coles en España (2015). En toneladas



Fuente: Dirección General de Aduanas (Datacomex).

Gráfico 8. Principales países de destino de exportación de todos los tipos de coles en España (2015). En toneladas

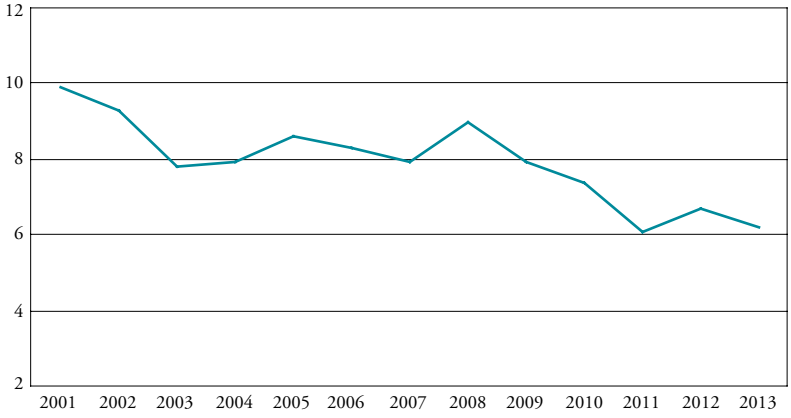


Fuente: FAO.

5.3. Situación actual en España

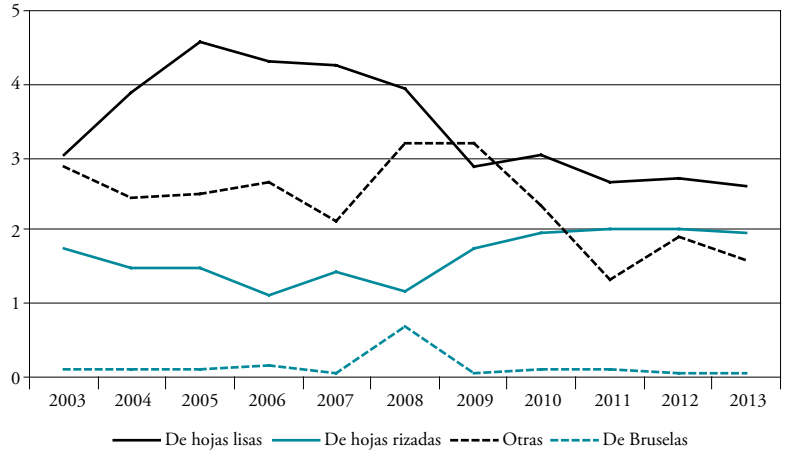
En los Gráficos 9, 10, 11 y en la Tabla 25 se aprecia cómo ha disminuido la superficie destinada a la producción de otros tipos de coles, especialmente en lo que respecta al cultivo de la col de Bruselas. La principal comunidad autónoma es Galicia con la mayor producción en las provincias de A Coruña y Ourense, le siguen en importancia Zaragoza y la provincia de Valencia.

Gráfico 9. Evolución de la superficie en España de otras coles (2013), excepto coliflor y bróculi



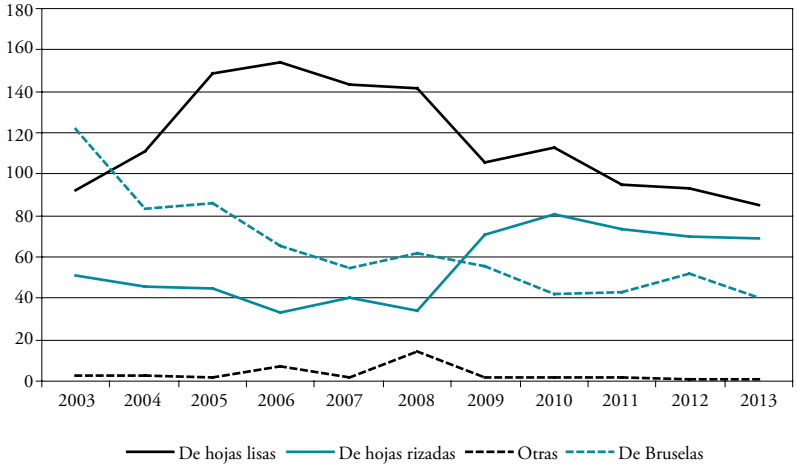
Fuente: Magrama.

Gráfico 10. Evolución de la superficie de col en España (2013), excepto coliflor y bróculi. En miles de hectáreas



Fuente: Magrama.

Gráfico 11. Evolución de la producción de col en España (2013), excepto coliflor y bróculi. En miles de toneladas



Fuente: Magrama.

Tabla 25. Evolución de superficie y producción de las hortalizas de hoja o tallo col en España (2013)

Años	Col-repollo de hojas lisas		Col-repollo de hojas rizadas o de Milán		Col de Bruselas		Otras coles	
	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)
2003	3,0	92,7	1,8	50,9	0,1	3,0	2,9	122,1
2004	3,9	110,7	1,5	46,0	0,1	2,6	2,4	83,2
2005	4,6	149,1	1,5	44,7	0,1	2,2	2,5	86,1
2006	4,3	154,0	1,1	33,2	0,1	6,7	2,7	65,2
2007	4,3	143,5	1,4	40,0	0,1	1,6	2,1	54,8
2008	3,9	141,9	1,2	34,2	0,7	14,1	3,2	61,8
2009	2,9	105,8	1,7	70,7	0,1	2,0	3,2	55,4
2010	3,0	112,7	2,0	80,9	0,1	2,0	2,4	42,0
2011	2,6	94,7	2,0	73,6	0,1	2,2	1,4	42,6
2012	2,7	93,5	2,0	70,0	0,1	0,7	1,9	51,6
2013	2,6	85,2	2,0	68,5	0,0	1,0	1,6	40,6

Fuente: Magrama.

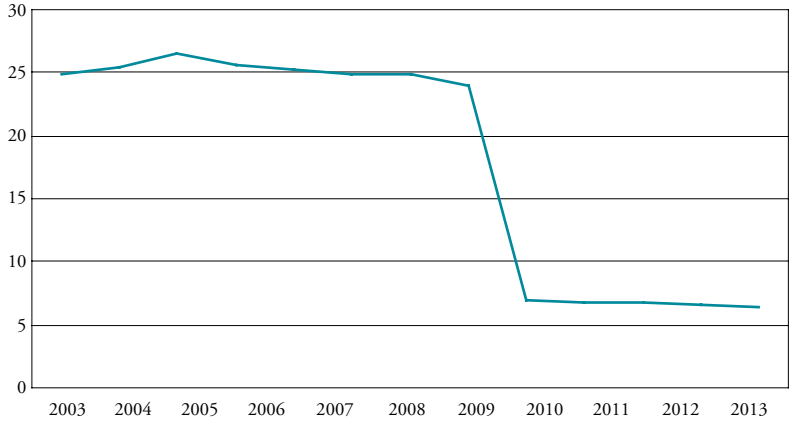
Tabla 26. Superficie por provincias de coles repollo y coles de Bruselas en España (2013)

Provincia y Comunidad	Superficie (ha)	Superficie (%)
A coruña	485	7,79
Ourense	398	6,39
Pontevedra	277	4,45
Lugo	218	3,50
Valencia	664	10,67
Zaragoza	694	11,15
Toledo	256	4,11
Granada	279	4,48
Tarragona	250	4,02
Total	**3.521**	**56,57**

Fuente: Magrama.

Como se aprecia en el Gráfico 12 y en la Tabla 27, en España se destinan al cultivo de la coliflor y bróculi unas 25.000 ha. De las estadísticas se extrae que a partir de 2009, al separar entre coliflor y bróculi, que para el cultivo de la coliflor se destinan aproximadamente unas 7.000 ha (Gráfico 12). La principal zona productora de coliflor es la Región de Murcia con cerca de un 17 % de la superficie, seguida de Navarra con un 16 % y la Comunidad Valenciana con un 15 % de la superficie. Granada (7,4 %) en su altiplanicie juega un papel preponderante en la producción de coliflor en verano (Mapa 1).

Gráfico 12. Evolución de la superficie de coliflor y bróculi (hasta año 2009) y de coliflor en los últimos 5 años en España. En hectáreas



Fuente: Magrama.

Tabla 27. Producción de coliflor ha por provincias en España (2013)

Provincia y Comunidad	Superficie (ha)	Superficie (%)
Navarra	1.046	16,30
La Rioja	430	6,70
Tarragona	261	4,07
Murcia	1.088	16,95
Granada	782	12,18
Valencia	338	5,27
Castellón	323	5,03
Alicante	321	5,00
Toledo	217	3,38
Total	**4.806**	**74,88**

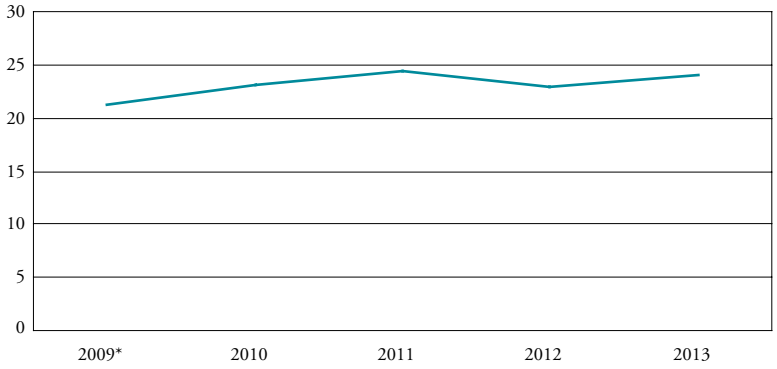
Fuente: Magrama.

Mapa 1. Distribución de la producción de coliflor en España (2013). En porcentaje

Fuente: Magrama.

En la producción de bróculi se aprecia un ligero crecimiento de la superficie, pasando de 19.000 ha a 24.000 ha producidas en 2013 (Gráfico 13). Cerca de un 48 % se cultivaron en Murcia, le siguió en superficie Navarra (18 %) y con menos de un 10 % de superficie provincias como Albacete, Alicante y Badajoz (Tabla 28 y Mapa 2).

Gráfico 13. Evolución de la producción de bróculi desde 2009. En hectáreas



Fuente: Magrama.

Tabla 28. Producción de bróculi por provincias en España (2013). En hectáreas

Provincia	Superficie (ha)	Superficie (%)
Navarra	4.451	18,57
Albacete	2.200	9,18
Alicante	1.938	8,08
Murcia	11.499	47,96
Badajoz	1.747	7,29
Total	**21.835**	**91,08**

Fuente: Magrama.

Mapa 2. Distribución de la producción de bróculi en España (2013). En porcentaje

Fuente: Magrama.

5.4. Costes de cultivo

Para bróculi, en campo el precio en la Región de Murcia en 2013 osciló entre 0,39 y 1,69 euros/kg, con un precio medio de 0,73 euros/kg. En cambio en 2014 estos oscilaron entre 0,19 y 0,49 euros/kg con un precio medio de 0,34 euros/kg.

Se estima que los costes variables de este cultivo pueden estar en torno a los 8.300 euros/ha, con unos costes fijos de 790 euros/ha y costes de oportunidad de 309 euros/ha, que puede suponer unos costes totales de 9.427 euros/ha, que para una producción de 18.000 kg/ha suponen unos costes de producción de 0,52 euros/kg.

En coliflor, en 2013 los precios oscilaron entre 0,25 euros/pieza y 1,09 euros/pieza, con un precio de liquidación medio durante la campaña de 0,59 euros/pieza. En 2014 los precios oscilaron entre 0,28 y 0,82 euros/pieza y un valor medio de 0,45 euros/unidad.

Para el cálculo de los costes de producción se ha considerado la elección de una variedad de ciclo medio, es decir, de plantación a inicio de recolección entre 90 y 100 días, que con un período de recolección de 20 días, supone una duración total de cultivo de 4 meses. También se ha tenido en cuenta una densidad de 3 plantas/m^2 y un consumo de agua de riego medio a un precio de 10 céntimos el m^3. Las labores de plantación y recolección se ha considerado manual, los costes se pueden optimizar con mecanización de ambas labores. Finalmente, los costes unitarios se han calculado valorando un rendimiento de 30.000 kg/ha.

Los costes variables en el cultivo de coliflor se estiman en 6.870 euros/ha, los fijos en 930 euros/ha y los de oportunidad en 300 euros/ha, con lo que el coste total es de 8.100 euros/ha que para una producción de 30.000 kg/ha supone una carga aproximada de 0,27 euros/kg.

6. Retos y perspectivas

En el epígrafe anterior se aprecia la importancia de estos cultivos en España, destacando la del cultivo de bróculi, en el que no solo se han incrementado las exportaciones sino también el consumo interno. Del cultivo y venta del bróculi en los últimos años se está realizando una importante promoción, apoyándose en los beneficios para la salud que se van descubriendo de esta hortaliza, con los nuevos estudios que se vienen abordando.

La presentación, tanto del bróculi como de la coliflor, en bolsas especiales para poder ser preparados en un microondas, como producto de IV o V gama, abre grandes posibilidades de consumo, por lo que se le puede augurar un crecimiento en los próximos años. Dentro de la presentación como IV gama, es también un ingrediente importante en las ensaladas preparadas la col lombarda, especialmente por el color y contraste que aporta a las mismas.

En los últimos años se ha potenciado la producción estival de todas estas hortalizas, con su cultivo en diferentes altiplanicies dentro de la península Ibérica, abriendo la posibilidad de cultivarlas durante los 12 meses del año. La mejora de las técnicas de producción, introducción de nuevas variedades y el

diseño de diferentes programas de producción, han permitido profesionalizar el cultivo y en general mejorar su calidad.

Figura 18. Verduras cocidas, listas para consumir

Referencias bibliográficas:

Martínez-Hernández, G. B.; Gómez, P. A.; García-Talavera, N. V.; Artés-Hernández, F.; Monedero-Saiz, T.; Sánchez-Álvarez, C. y Artés, F. (2013): «Human metabolic fate of glucosinolates from kailan-hybrid broccoli. Differences between raw and microwaved consumption»; *Food Research International* (53); pp. 403-408.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Maroto, J. V. (1995): «El cultivo del bróculi en España»; *HF* (2); pp. 27-37.

Maroto, J. V.; Lopez-Galarza, S. y San Bautista, A. (1994): «Germination of broccoli in different seedbeds conditions during summer in the Spanish Mediterranean Coast»; *Acta Horticulturae* (407); pp. 321-325.

Maroto, J. V.; Lopez-Galarza, S.; San Bautista, A.; Baixauli, C. y García, M. J. (1996): «Ciclos de cultivo y densidades de plantación en romanesco (Brassica oleracea var. Botrytis) para producciones de invierno-primavera en la Comunidad Valenciana»; *Actas V Jornadas Grupo Horticultura SECH*; pp. 115-119.

Maroto, J. V.; Pomares, F. y Baixauli, C. (2007): *El cultivo de la coliflor y el bróculi*. Fundación Ruralcaja Valencia. Mundi-Prensa.

Ramos, C. y Pomares, F. (2010): «Abonado de los cultivos hortícolas»; *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; p. 181-192.

Watt, B. K. *et al.* (1975): *Composition of Foods. Agricultural Handbook* (8). US Dept. of Agriculture. Washington D. C.

Páginas webs

www.fepex.es

www.magrama.gob.es

www.faostat.fao.org

Hortalizas aprovechables por sus frutos

Tomate de industria

Juan Ignacio Macua González[a], *Carlos Campillo Torres*[b]
e Inmaculada Lahoz García[a]
[a]INTIA y [b]Cicytex

1. Introducción

La zona de origen del tomate es la región andina que hoy comparten Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, donde todavía crecen espontáneamente distintas especies del género (Esquinas y Nuez, 2001).

Se cree que la zona de domesticación del tomate fue México, a partir de la antigua variedad *cerasiforme* de *S. Lycopersicum* (Muller, 1940), y desde allí se difundió hacia el Viejo Mundo (Jenkins, 1948), siendo en el s. XVI cuando los españoles trajeron el tomate al continente europeo (Harvey *et al.*, 2002).

La aceptación del tomate en Europa fue muy diferente de unos países a otros, en algunas ocasiones se consideraba alimento, en otras tóxico y en otros casos se utilizó como planta ornamental. Mientras que en España e Italia se usó en la alimentación humana prácticamente desde su introducción, en la mayoría del resto de países europeos fue usado solo como planta ornamental por la belleza y color de sus frutos. Vale la pena anotar que esta planta en principio se consideró como venenosa, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas y, por tanto, estar relacionada con la belladona y la mandrágora, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas, razón por la cual se le dio el nombre de «manzana del amor». En Italia está documentado su uso alimentario ya en 1554 (Rick, 1978) y, con el paso del tiempo, el tomate se integraría profundamente en la gastronomía italiana, usándose ampliamente en pizzas, ensaladas, salsas y guisos. En España se documenta por primera vez el consumo de esta hortaliza en 1608 (Hamilton, 1976), en la lista de la compra del Hospital de la Sangre de Sevilla, por lo que su consumo ya debía haberse popularizado. Algo más adelante, Tirso de Molina (s. XVII) ya citaba las ensaladas de tomate en su obra *El amor médico* (Dondarini, 2010). Sin embargo, habría que esperar hasta el siglo XVIII para encontrar una descripción agronómica del cultivo en España, que estableciera sin duda que este estaba ya completamente extendido por la península (Quer, 1762-1784).

Según Corominas (1990), tomate es un vocablo que se introdujo en la lengua castellana en 1532. Procede del término *tomatl* o *tomohuac* de la lengua náhuatl de México, que se aplica genéricamente a las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Montes y Aguirre, 1992). Normalmente el vocablo *tomatl* correspondería a la especie *Physalis philadelfica* Lam., mientras que el uso del prefijo *xi* (*xitomatl*) realmente correspondería a *S. lycopersicum* (Long, 1995). El uso indiferenciado de ambos vocablos por los primeros estudiosos españoles daría lugar a la fijación del vocablo tomate en España, mientras que en algunas partes de México se sigue empleando el vocablo jitomate.

El tomate a partir del siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la patata, la hortaliza más difundida y predominante del mundo.

2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)

El tomate, *Solanum lycopersicum* L., es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. En una primera clasificación taxonómica, Linnaeus en 1753 denominó al tomate cultivado *Solanum lycopersicum;* posteriormente, en 1754, Miller le asigna el género *lycopersicon* y la especie *esculentum*, clasificación comúnmente aceptada hasta que trabajos recientes (Peralta *et al.*, 2006) propiciaron que se volviera a renombrar como *Solanum lycopersicum* L.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y, en las variedades determinadas su crecimiento es limitado mientras que es ilimitado en las indeterminadas. Su fruto, baya bi o plurilocular constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Angarita, 2009), es conocido en todo el mundo y utilizado como hortaliza tanto en fresco como sometido a diferentes procesos de transformación industrial.

Se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas, métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad (Chamarro, 2001). Prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y drenaje. Temperaturas entre 25-30 ºC son ideales para su desarrollo vegetativo, crecimiento y cuajado del fruto y no tolera fríos ni heladas. La exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10 ºC, una iluminación diurna infe-

rior a 12 horas, un drenaje insuficiente o un abonado nitrogenado excesivo le afectan negativamente (Nuez, 1995).

En el caso del tomate destinado para procesado, las características de calidad externa, como forma y tamaño son importantes; sin embargo, son más relevantes otros caracteres relativos a la calidad interna, como acidez, pH, color (medido como relación a/b) y contenido en sólidos solubles totales (medido como ºBrix) y materia seca. Díez (1995) describe las características fundamentales que deben reunir los cultivares de tomate para transformación industrial, debido a la necesidad de adaptarse a la recolección mecánica y al procesado industrial:

- *Planta*: la planta debe ser compacta y de crecimiento determinado, con un buen desarrollo foliar que permita cubrir el fruto y evitar quemaduras en este por radiación solar directa. Para limitar la manipulación en fábrica, el pedúnculo y el cáliz se deben desprender fácilmente de la planta. El cuajado y la maduración requieren también estar concentrados en el tiempo.
- *Frutos*: los frutos deben ser resistentes al agrietado, evitando así facilitar la entrada de hongos parásitos y saprófitos que reducen su calidad. Es importante que presenten la suficiente consistencia como para soportar el proceso de recolección mecánica y el trasporte hasta la fábrica sin sacrificar la buena apariencia. Como índices de calidad industrial se busca un color del fruto maduro rojo intenso y uniforme, con valores para la relación a/b (indicador de la intensidad de color) entre 2,2 y 2,5, y un contenido en sólidos solubles superior a 4,5 ºBrix. Normalmente, el pH del zumo de tomate está entre 4,2 y 4,4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado. La forma y tamaño del fruto están normalmente asociados a su destino industrial, en general de forma redondeada y pesos de 60 a 100 g para jugo de tomate y concentrado, y forma cilíndrica (tipo «pera») y de 50 a 65 g en el caso de tomate pelado.

3. Cultivo

El tomate de industria ha evolucionado muy rápidamente en los últimos treinta años pasando de ser un cultivo manual a estar totalmente mecanizado

en las principales zonas de producción españolas, así como en la mayoría de las mundiales, desde la siembra y plantación hasta la recolección.

3.1. Plantación

El tomate requiere una temperatura mínima de 12 ºC para un correcto desarrollo, aunque soporta temperaturas más bajas durante breves períodos de tiempo. Por ello existen diferentes ciclos de plantación en función del área de cultivo. En la zona sur, Extremadura y Andalucía, es un cultivo cuya siembra se inicia en febrero y las plantaciones en marzo-abril, prologándose la cosecha desde primeros de julio hasta septiembre. Sin embargo, en la zona del valle del Ebro, con una climatología más limitante para el cultivo de tomate de industria, las siembras se inician en marzo-abril para plantaciones de inicios de abril a junio y recolecciones desde primeros de agosto a finales de octubre. En todas las zonas se realizan programaciones de cosecha con diferentes fechas de plantación y ciclo de variedades (Macua *et al.*, 1999) para escalonar en lo posible la entrada del tomate en la industria. En el valle del Ebro la utilización de material de acolchado ha permitido prolongar el ciclo del cultivo, anteriormente restringido a plantaciones de mitad de mayo a junio, por las temperaturas limitantes. Actualmente el acolchado plástico de polietileno utilizado ha sido sustituido en su totalidad por acolchado biodegradable, que desempeña las funciones propias de un material de acolchado (precocidad, control de malas hierbas, etc.) pero que no es necesario retirarlo una vez finalizado el cultivo debido a su degradación (Macua *et al.*, 2009; Macua *et al.*, 2013a).

La plantación ha evolucionado mucho en el tomate de industria, pasando de planta a raíz desnuda a planta a cepellón. Otras técnicas como la siembra directa tampoco se emplean debido al coste de la semilla y los problemas con las malas hierbas. Actualmente todo el tomate de industria se realiza con planta a cepellón. El tamaño del cepellón es diferente según la zona de cultivo; por ejemplo en Extremadura se utilizan bandejas, principalmente de plástico, de 260 alvéolos y plantación mecánica, mientras que en Navarra se emplea mayoritariamente cepellón 3 x 3 (bandejas de poliestireno de 216 alvéolos) con dos plantas por cepellón (Macua *et al.*, 2016) y plantación manual por la utilización de material de acolchado plástico, ya que las máquinas plantadoras que existen en este momento para este caso todavía presentan muchos problemas.

Figura 1. Bandeja de cepellón para plantación mecánica

Las densidades de plantación más habituales son de 25.000 a 35.000 plantas/ha en mesetas con una fila de plantas. En el caso de Navarra, al emplearse cepellones a dos plantas, la densidad es la dicha anteriormente pero el número de cepellones pasa a ser de 18.000 a 20.000 cepellones/ha (Macua *et al.*, 2016).

Figura 2. Colocación de acolchado antes de la plantación

Figura 3. Platación de cepellón a dos plantas

Figura 4. Plantación con máquina sobre acolchado en dos líneas

Figura 5. Plantadora sobre suelo sin acolchar

3.2. Riego y fertilización

El sistema de riego (gravedad, aspersión, goteo superficial o enterrado), así como la utilización de cubiertas plásticas para adelantar la fecha de plantación y/o controlar las malas hierbas, son aspectos que pueden modificar el consumo de agua y es interesante tenerlos en cuenta para programar el riego de forma eficiente. No obstante, cada vez más, el principal sistema de riego en tomate de industria es el goteo junto con el aporte de fertilizantes por fertirrigación.

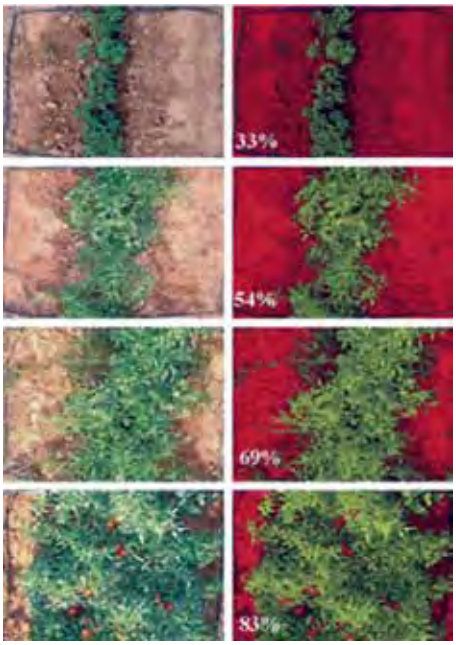
Una programación de riego eficiente será la que ponga a disposición del cultivo el agua que necesita a lo largo de todo su ciclo. Aplicaciones de agua mediante riego superiores a las necesidades del cultivo o distribuida de forma incorrecta supondrán pérdidas de agua, bien por debajo de la zona de raíces o por escurrimiento por la superficie de la parcela. Además, el exceso de agua arrastrará nutrientes y suelo fértil, incrementando los costes de cultivo de forma injustificada y contribuyendo a la contaminación de acuíferos y cauces de agua.

El consumo de agua, o necesidades hídricas del cultivo, depende de dos aspectos fundamentales: de las condiciones meteorológicas (estimadas por la ETo) y del estado de desarrollo del cultivo (en función de la Kc). En el tomate de industria el período comprendido entre el transplante y la recolección se puede dividir en 4 fases y en cada una de ellas las necesidades hídricas serán diferentes:

1. *Fase de postransplante* (fase I): esta fase se inicia con el transplante. La duración depende en cierta medida de la recuperación de la planta al estrés del transplante y se considera que finaliza cuando el cordón de plantas alcanza un porcentaje de suelo cubierto de un 5 %.
2. *Fase de crecimiento rápido* (fase II): durante esta fase las plantas tienen un crecimiento muy rápido, el porcentaje de suelo cubierto pasa rápidamente de un 5 % hasta alcanzar valores del 80 %. Esta es también una etapa de crecimiento muy activo de raíces, de forma que al final de la misma suelen alcanzar el máximo desarrollo en profundidad. Aquí tiene lugar la floración y cuajado; por tanto, un déficit de agua en este períodoprovocará abortos de flores y tendrá consecuencias negativas: menor número de frutos cuajados, prolongación de la floración y cuajado provocando menor uniformidad en la maduración, y frutos con podredumbre apical. Todo ello supone una pérdida clara de cosecha; por ello, en esta fase es fundamental garantizar que el cultivo esté en óptimas condiciones hídricas.
3. *Fase de crecimiento de frutos* (fase III): se inicia tras el cuajado, y dado que este se produce de forma escalonada, tampoco hay un momento exacto de inicio, ya que en una misma planta encontraremos frutos en diferente estado de desarrollo. Consideraremos el inicio cuando se estabiliza el crecimiento de la vegetación.
4. *Fase de maduración* (fase IV): los frutos comienzan a cambiar de color, pasando de verde a rojo.

Figura 6. Cultivo en fase de crecimiento rápido

Figura 7. Porcentajes de suelo cubierto



La duración de cada fase dependerá del ciclo del cultivar y de las condiciones meteorológicas, principalmente de la temperatura, ya que cuando son bajas tiende a alargarse la duración de las fases y cuando son altas tienen el efecto contrario.

El coeficiente de cultivo correspondiente al tomate de industria es diferente en función de las condiciones de cultivo; es decir, hay un coeficiente válido para cultivo a suelo desnudo con riego superficial (Kc) y otro para condiciones de suelo con reducida o nula evaporación desde el suelo, como es el caso de superficies acolchadas o riegos enterrados (Kcb). En la Tabla 1 se presentan los valores de estos coeficientes en las distintas fases del cultivo de tomate de industria, relacionadas con el suelo sombreado por el cultivo. En dos de las fases se proporciona un rango de valores de Kc y Kcb (fases II y IV), lo que significa que la fase se inicia con el primer valor, llegando de forma lineal, creciente (fase II) o decreciente (fase IV) hasta el segundo valor, que se alcanzará al final.

Tabla 1. Valores de Kc y Kcb durante las diferentes fases del cultivo de tomate de industria

Fase de cultivo	Días ciclo	Suelo sombreado (%)	Kc riego goteo superficial	Kcb riego goteo enterrado o bajo acolchado
Transplante (fase I)	10	0-5	0,40	0,20
Vegetativa (fase II)	50	5-80	0,4-1,30	0,20-1,15
Crecimiento de frutos (fase III)	35	80	1,30	1,15
Maduración (fase IV)	25	80-60	1,30-0,6	1,15-0,6
Total ciclo	**120**			

Fuente: extraído del *Manual Práctico Riego en Tomate de Industria* (2015).

El riego es uno de los factores que más influyen en la producción y calidad final del cultivo de tomate de industria. Estrategias de riego como el riego deficitario (RD), es decir, la aplicación de volúmenes de agua por debajo de las necesidades hídricas, han sido ampliamente estudiadas (Obreza *et al.*, 1996; Pulupol *et al.*, 1996; Kirda *et al.*, 2004) obteniendo un mayor contenido de sólidos solubles pero con una menor producción (Prieto y Rodríguez del Rincón, 1994; Dalvi *et al.*, 1999; Harmanto *et al.*, 2005; Campillo, 2007). El diseño de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) persigue optimizar el uso del agua induciendo estrés solo en períodos no críticos para la producción. El tomate es sensible al estrés hídrico (Nuruddin *et al.*, 2003) y requiere un suministro de agua constante y adecuado durante el período vegetativo, siendo la etapa reproductiva (floración-cuajado) la más sensible al déficit (Waister y Hudson, 1970), por lo que se recomienda aplicar una estrategia de RDC en la fase de crecimiento y maduración de los frutos.

En ensayos realizados por Lahoz (2015) se ha visto que el riego deficitario continuado (75 % ETc) supone, además de un ahorro de este recurso limitado (28,2 %), un mayor contenido en sólidos solubles totales (8,4 %), pero una reducción del 16,4 % de la producción. Por el contrario, con un riego deficitario controlado, con solo reducción del riego tras el cuajado (100-50 % ETc) se obtiene un mayor ahorro de agua (31,7 %), una menor reducción media de la producción comercial (12,9 %) al no provocar un estrés a la planta en un momento crítico de su desarrollo (floración-cuajado) y, además, un aumento del contenido en sólidos solubles totales (10,4 %), lo que implica un mayor incremento de la calidad organoléptica que con un riego deficitario continuado.

Una nutrición vegetal adecuada y equilibrada es esencial para el desarrollo de la planta, el rendimiento y la calidad del fruto. El tomate para procesado es

un cultivo con altos requerimientos de nutrientes, capaz de extraer 445 kg N/ha durante el período de crecimiento (Vázquez *et al.*, 2006) y los agricultores suelen aplicar niveles de nitrógeno superiores a las necesidades del cultivo para evitar riesgos de una bajada de producción, con los perjudiciales efectos medioambientales que ello conlleva. Para Hartz y Bottoms (2009) una aplicación de 200 kg N/ha es suficiente para maximizar la producción de este cultivo en fertirrigación.

En la Norma Técnica Específica de Producción Integrada de Tomate para Transformación Industrial en la comunidad autónoma de Extremadura en el apartado de fertilización es obligatorio hacer la aportación de nutrientes en función de la extracción del cultivo. Las cantidades máximas a aplicar se fijan en función de la producción prevista y son 3 kg N/t, 1,5 kg P_2O_5/t, 4 kg K_2O/t, 1 kg Mg/t y 2 Kg Ca/t. Muy similares son las aportaciones máximas en la Normativa Específica de Producción Integrada para este cultivo en Andalucía, en la que además se prohíbe superar por hectárea y campaña 300 kg N/ha, 160 kg P/ha y 300 kg K/ha. En Navarra en producción integrada las dosis máximas aconsejadas son 120-140 kg N/ha, 180 kg P_2O_5/ha y 250 kg K_2O/ha.

3.3. Recolección

En tomate de industria la recolección ha pasado de ser manual y escalonada, en dos o más pases, a totalmente mecanizada en la actualidad. La obtención de cultivares con maduración agrupada ha sido fundamental para el salto a la mecanización en la recolección.

La recolección mecanizada es el punto clave del cultivo del tomate de industria, al que deben subordinarse el resto de las técnicas de cultivo si se quiere tener éxito con la mecanización. El desarrollo de las primeras cosechadoras, junto con el de las variedades de maduración agrupada, se produjo en California a principios de los años 60. Rápidamente se extendió su uso por todo el país y en la actualidad, prácticamente todo el tomate de industria producido en Estados Unidos se recoge mecánicamente. Europa sigue esta tendencia, lo que ha provocado una evolución en la tecnología utilizada y la adaptación tanto de las variedades de tomate como de los sistemas de cultivo empleados.

La mecanización de la recolección se ha visto favorecida en los últimos años por una serie de factores, entre los que destacan: la disminución de la renta agraria, la escasez de mano de obra especializada y la mejora de la tecnología utilizada en la recolección.

Figura 8. Campo preparado para recolectar

Los diversos tipos y modelos de máquinas cosechadoras de tomate trabajan de forma muy parecida y constan esencialmente de un sistema de corte y elevación de las plantas, un sistema de separación de los frutos, bandas de clasificación para seleccionar el tomate para comercializar y eliminar el resto de productos (tomates verdes, hojas, tierra, etc.) y carga a remolque. Las mayores diferencias aparecen en los sistemas de separación de la planta y la disposición de las cintas de la mesa de selección, aunque también existen diferencias en la forma del elevador y en las soluciones que cada marca ha empleado para evitar que el tomate se caiga durante el proceso de descarga (Jarén *et al.*, 2002). La descarga en los remolques se puede realizar en bañera o *palots* sobre remolques.

La recolección se ve condicionada por la capacidad de las industrias de procesar el producto que va llegando. España es el país mediterráneo con la campaña de tomate de industria más larga. El período de recolección comienza a mediados de julio y acaba a finales de octubre.

La agrupación de la maduración de los cultivares es fundamental cuando la recolección se efectúa de una sola vez y se estudia por medio de las proporciones que sobre la producción total de frutos supone la recolección de frutos maduros comerciales, de los verdes y de los inservibles. El criterio de recolección que normalmente se sigue es recoger cuando hay un porcentaje de fruto rojo comercial de un 80-85 %, pero siempre que el peso de fruto pasado o sobremaduro no exceda de un 5 %, intentando cosechar en estado de plena

madurez para optimizar los parámetros de calidad como color, contenido de sólidos solubles, pH, contenido en ácidos, vitaminas y sabor.

Figura 9. Cosechando

3.4. Nuevos tipos y cultivares

La introducción de cultivares híbridos, con mayor potencial productivo, y el empleo de técnicas de cultivo como el riego por goteo, aporte de fertilizantes por fertirrigación, etc., han contribuido a un incremento sustancial de la producción.

Las variedades de tomate deben adaptarse a la recolección mecanizada y las condiciones para ello son las siguientes:

- La planta debe ser de porte compacto y crecimiento determinado.
- La maduración debe estar concentrada.
- El fruto debe desprenderse fácilmente de la mata sin pedúnculo ni cáliz (gen *jointless*) y debe tener una firmeza adecuada para resistir las acciones mecánicas durante la recolección. La piel también debe ser resistente al raspado y a la punción.
- La presión de turgencia no debe ser excesiva para evitar que los tomates «estallen». Para ello también es importante el momento del corte de riego.

La variabilidad del material existente es muy grande, tanto por los tipos de tomate que se producen como por el gran surtido de cultivares que tienen las casas comerciales en sus catálogos y que hay que diferenciar muy bien por su destino final (Macua *et al.*, 2013b; 2015; 2016).

Figura 10. Cultivar que se puede destinar a otros usos

Figura 11. Cultivar destinado para pelado

La evolución de la industria, con demanda de nuevos productos, ha propiciado la entrada en el mercado de diferentes cultivares en función del uso al que van destinados. Por ejemplo, existen algunos destinados a tomate triturado, concentrado, salsas, a pelado entero (con unas especificaciones diferentes en cuanto a forma y tamaño), a congelado, donde se emplean los denomina-

dos *all flesh* o todo carne, que carecen de suero, por lo que se adaptan muy bien a la elaboración de rodajas o cubitos. También existen cultivares de alto contenido en licopeno (Macua *et al.*, 2013b), que se caracterizan generalmente por un mejor color y mayor calidad organoléptica y funcional, los cuales se derivan normalmente a mercados que estén dispuestos a pagar un precio más alto por los productos obtenidos con este tipo de tomate, con un potencial productivo inferior.

Entre los tipos de tomate, el pelado tiene una tendencia descendente en superficie y producción, pues a pesar de que existe una cierta revalorización de este producto en el mercado, al atribuirle una mayor calidad, la demanda no aumenta. A ello se le suma un proceso de elaboración más meticuloso y complicado, lo mismo que en el caso del cultivo.

Figura 12. Entrega del producto en fábrica

Los programas de mejora genética comerciales, que han atendido principalmente a aspectos como la productividad, resistencia a enfermedades, uniformidad del producto o a la calidad externa (Prohens y Nuez, 2008a, 2008b), van incorporando paulatinamente entre sus objetivos la mejora de las propiedades organolépticas (Casañas y Costell, 2006); por ejemplo, buscando un incremento de sólidos solubles (Fridman *et al.*, 2002; Garcia y Barrett, 2006) y la mejora del contenido en compuestos beneficiosos para la salud hu-

mana y que prevengan enfermedades (Cámara, 2006 y Diamanti *et al.*, 2011). Esta última tendencia se justifica ya que, a pesar de que el tomate no se caracteriza por presentar un valor nutritivo especialmente elevado (al ser un fruto esencialmente acuoso), el volumen de tomate consumido, con un promedio de más de 25 kg por persona y año en la mayor parte de los países europeos, hace que se establezca como uno de los productos hortícolas que desempeña una función más significativa en la dieta humana.

3.5. Plagas y enfermedades

Las plagas más importantes en el cultivo del tomate son orugas, trips y mosca blanca, aunque en algunas campañas podemos añadir los pulgones con un nivel importante, los eriófidos y la araña roja (Biurrun *et al.*, 2012).

Las principales orugas son *Helicoverpa armigera* o taladro del tomate, cuyos daños larvarios provocan la caída de flores y frutos jóvenes, quedando los más maduros deteriorados e inservibles, *y Tuta absoluta* o polilla del tomate, que afecta tanto a hojas como a frutos. Ambas orugas causan daños importantes en función de la época del año que entran al cultivo, aunque normalmente en tomate de industria se solapan los daños de las dos clases de orugas.

Los pulgones, fundamentalmente las especies *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis gossypii*, además de ser trasmisores de virosis, pueden ocasionar daños directos de consideración, en particular al favorecer la negrilla, aunque en general solo en estados vegetativos tempranos del cultivo.

Otras especies que pueden ocasionar daños importantes, aunque normalmente de forma ocasional y/o localizada, son la gardama *Spodoptera exigua*, el ácaro del bronceado *Aculops* (*Vasates*) *lycopersici*, las arañas rojas *Tetranychus urticae* y *Tetranychus turkestani* y los minadores de hojas *Liriomyza* spp.

Por último, dos insectos son vigilados estrechamente por su potencial como vectores de virosis. Estos son el trips *Frankliniella occidentalis,* capaz de transmitir eficazmente el «virus del bronceado del tomate» (TSWV), y la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que además de producir daños en hoja por su forma de alimentación, que consiste en chupar la savia de la planta y excretar parte de los azúcares en forma de melaza, lo que genera negrilla sobre hojas y frutos, es capaz de transmitir el «virus de la cuchara del tomate» (TYLCV).

Las enfermedades del tomate pueden estar causadas por patógenos pertenecientes a cinco grupos: hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nemato-

dos. Incluimos aquí otro grupo adicional, las fisiopatías, causadas por agentes abióticos.

Dentro de los hongos hay que destacar por su peligrosidad, cuando hay inóculo y se dan las condiciones óptimas de desarrollo, al «mildiu aéreo», *Phytophthora infestans*, que puede arrasar campos enteros en muy poco tiempo. Una de las especies que más se diagnostica es el «mildiu terrestre», *Phytophthora nicotianae,* que puede causar importantes daños, sobre todo en las primeras semanas después del trasplante. Ocasiona podredumbres en el cuello y raíces, lo que debilita a la planta y puede provocar su muerte. En muchos casos el ataque va acompañado de *Rhizoctonia solani*, lo que agrava los daños. También se detectan problemas por alternaria (*Alternaria* spp.), cuyos síntomas más característicos son manchas marrones bien delimitadas, con anillos concéntricos, principalmente sobre hojas y tallos.

Figura 13. Síntoma en planta de *Phytophtora infestans*

Alternaria solani, Pythium ultimun y *P. aphanidermatum* son responsables de caída de plántulas (*damping off*), bien por lesiones en el cuello (*A. solani*), o bien en cuello y raíces (*Pythium* spp.).

En la fase de maduración de los frutos, estos pueden verse afectados por diversos hongos que causan podredumbre, principalmente alternaria, pero también antracnosis (*Colletotrichum coccodes*), *Geotrichum candidum*, etc.,

apareciendo normalmente varios hongos sobre un fruto, que penetran a través de la cutícula y heridas.

La bacteria *Pseudomonas syringae* pv. tomato es muy frecuente en los semilleros con condiciones de humedad elevada y tiempo fresco, atacando también en terreno de asiento. Los síntomas foliares, manchas pardas en hoja, son similares a los causados por la bacteria de cuarentena *Xanthomonas vesicatoria*.

Aunque son varios los virus detectados en tomate de industria, por ahora solo dos especies han tenido en momentos determinados alguna repercusión, el TSWV y el TYLCV. Está presente el fitoplasma Stolbur de las solanáceas, que causa deformaciones y abortos florales, pero normalmente no tiene incidencia grave. Dentro de las fisiopatias la más habitual es la «podredumbre apical del fruto» y por último, aunque casi todas las variedades de tomate de industria incorporan genes de resistencia a nematodos, en algunas plantas analizadas se observan nódulos radiculares provocados principalmente por *Meloidogyne incognita*.

Figura 14. Planta infectada por el virus de la cuchara

En las zonas productoras de tomate españolas se realiza un seguimiento muy exhaustivo por parte de los equipos de sanidad vegetal de estas regiones (Red de Alerta e Información Sanitaria de la Junta de Andalucía, Estación de Avisos de INTIA en Navarra…) para comunicar los avisos de tratamientos

tanto de plagas como de enfermedades. Ello ha permitido una reducción importante del empleo de fitosanitarios por parte del agricultor.

Figura 15. Planta infectada del virus del bronceado del tomate

4. Composición

El tomate contiene aproximadamente un 94 % de agua, y el 6 % restante es una mezcla compleja en la que predominan los azúcares y ácidos orgánicos, que contribuyen a dar al fruto su textura y sabor característicos (León, 2009). Constituye uno de los frutos de mayor interés en la nutrición humana por los beneficios que aporta su ingesta, debido a su riqueza en vitaminas, principalmente provitamina A y vitamina C, elementos minerales como el potasio, alto contenido de fibra soluble e insoluble, compuestos funcionales y gran cantidad de agua.

La calidad debe definirse en función del uso al que va a ser destinado el producto. Las características ideales del tomate están relacionadas con un color rojo intenso, niveles altos de consistencia y un sabor, olor y/o aroma característico del fruto de tomate (Kalamaki *et al.*, 2003).

El sabor del tomate guarda una relación directa con su composición química (Tabla 2), especialmente con el contenido de azúcares reductores y ácidos orgánicos, que va a variar dependiendo de la especie considerada y del grado de madurez del fruto (Roselló y Nuez, 2006).

Tabla 2. Composición química del fruto de tomate maduro

Grupo	Constituyente	Contenido (g/100 g peso seco)
Azúcares	Fructosa	25,0
	Glucosa	22,0
	Sacarosa	1,0
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	9,0
	Ácido málico	4,0
Minerales	Minerales	8,0
Sólidos insolubles en alcohol	Proteinas	8,0
	Pectinas	7,0
	Celulosa	6,0
	Hemicelulosa	4,0
Otros	Aminoácido dicarboxilico	2,0
	Lípidos	2,0
	Ácido ascórbico	0,5
	Pigmentos	0,4
	Otros aminoácidos, vitaminas y polifenoles	1,0
	Compuestos volátiles	0,1

Fuente: Petro-Turza (1987) y Yilmaz (2001).

El contenido de sólidos solubles es muy dependiente del contenido de azúcares totales y los frutos deben marcar un mínimo de sólidos para ser cosechados. Es particularmente importante en la industria del procesado, y probablemente ha recibido más atención que cualquier otra característica del fruto, por ser el índice que más influye sobre el rendimiento industrial (Ciruelos *et al.*, 2007) cuando el objetivo del proceso de transformación es aumentar la concentración de sólidos solubles hasta los límites requeridos por la legislación (puré de tomate, pasta, concentrado simple, doble concentrado, concentrado triple, etc.), la deshidratación o ambos. Los procesadores de tomate pueden llegar a pagar mayor precio por tomates con mayor contenido en sólidos solubles, debido al menor requerimiento de frutos para producir el elaborado de tomate deseado.

El color rojo del fruto de tomate es determinado principalmente por el contenido en licopeno (Martínez-Valverde *et al.*, 2002). Hay distintos autores que señalan una buena correlación del color, medido como ratio Hunter a/b, con el contenido en licopeno en los diferentes estados de maduración del

tomate (Brandt *et al.*, 2006) aunque este tipo de correlaciones es muy dependiente del material vegetal considerado.

El tomate y sus productos derivados son una buena fuente de compuestos bioactivos para la salud y, no solo por la concentración de los mismos, sino por el alto consumo de este tipo de alimentos en el mundo, segundo en el *ranking* de productos consumidos. Raffo *et al.* (2003) estudiaron fuentes de vitamina C, E y carotenoides específicos y establecieron que el tomate es la primera fuente de licopeno, segundo como fuente de vitamina C y β-caroteno y tercero como fuente de vitamina E.

5. Economía del cultivo

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al crecimiento en el rendimiento y, en menor proporción, al desarrollo de la superficie cultivada.

Es el segundo cultivo hortícola por volumen de producción con más de 160.000.000 t, de las que aproximadamente un 25 % se destinan a diferentes procesos de transformación industrial. Este volumen de procesado le sitúa como la materia prima más importante de la industria de conservas hortícolas.

La producción mundial de tomate para procesado ha seguido una tendencia creciente hasta 2009, año de máxima producción, con 42.000.000 t. A partir de este momento disminuye hasta 2013, momento en que se empieza a revertir esta tendencia descendente.

En la Tabla 3 se refleja la evolución de la producción en los principales países productores de tomate de industria desde 2009 hasta 2015. California ocupa el primer lugar, con un 31,5 % del total mundial. Le siguen en orden descendente y, a bastante distancia, China con 5,6 millones de toneladas, Italia (5,4 millones de toneladas), España, Turquía y todos los países del hemisferio norte, donde se produce en torno al 90 % de la producción mundial. Hay que destacar a China, que en los últimos años se ha establecido en el mercado mundial de semielaborados de tomate, habiendo incrementado su producción de forma importante e influyendo en el sector, obligando a reajustar precios en el mercado.

Tabla 3. Evolución de la producción mundial de tomate de industria. En millones de toneladas

Zona de Producción	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Unión Europea	11,58	10,26	9,27	8,94	8,01	10,31	11,17
Italia	*5,75*	*5,08*	*4,95*	*4,50*	*4,08*	*4,91*	*5,40*
España	*2,70*	*2,38*	*1,99*	*1,94*	*1,65*	*2,70*	*3,03*
Portugal	*1,24*	*1,28*	*1,07*	*1,19*	*1,00*	*1,20*	*1,60*
Oriente próximo	5,63	4,50	5,79	5,24	5,48	5,84	6,09
Turquía	*1,80*	*1,28*	*1,94*	*1,75*	*2,15*	*1,80*	*2,70*
Irán	*2,40*	*1,40*	*1,85*	*1,75*	*1,90*	*2,20*	*1,40*
Norteamérica	13,16	12,06	11,91	12,45	11,82	13,55	13,78
EEUU (California)	*12,07*	*11,16*	*11,07*	*11,46*	*11,02*	*12,70*	*13,30*
Canadá	*0,50*	*0,47*	*0,43*	*0,50*	*0,32*	*0,34*	*0,48*
Asia	8,70	6,25	6,82	3,27	3,89	6,34	6,28
China	*8,66*	*6,21*	*6,79*	*3,23*	*3,85*	*6,30*	*5,60*
Brasil	1,15	1,80	1,59	1,29	1,50	1,40	1,30
Hemisferio norte	40,22	34,87	35,38	31,19	30,70	37,44	38,62
Chile	*0,62*	*0,86*	*0,79*	*0,67*	*0,68*	*0,81*	*0,85*
Argentina	*0,45*	*0,39*	*0,36*	*0,36*	*0,42*	*0,39*	*0,54*
Australia	*0,27*	*0,27*	*0,09*	*0,16*	*0,19*	*0,22*	*0,29*
Hemisferio sur	2,31	2,50	2,31	2,25	2,30	2,42	2,71
Producción mundial	42,53	37,37	37,69	33,44	33,00	39,86	41,33

** Se señala la producción de los principales países productores en cada zona.*

Fuente: World Processing Tomato Council (WPTC), 2015.

En Italia y España se produce la mitad del tomate de industria de la Unión Europea, seguidos de Portugal. Todos los países que integran AMITOM (Asociación Mediterránea Internacional de Tomate Transformado), es decir, los de la Unión Europea más Ucrania, Argelia, Egipto, Irán, Israel, Rusia, Marruecos, Siria, Túnez y Turquía han incrementado sus producciones en 2015 con respecto a 2013 en un 28 %.

España produce actualmente más de 3.000.000 t, casi el 18 % del volumen procesado dentro de los países pertenecientes a AMITOM. En España las principales zonas productoras de tomate para industria son Extremadura, Andalucía y valle del Ebro (Tabla 4), siendo Extremadura, especialmente en la zona de Las Vegas del Guadiana, la región más importante, ya que supone un

70 % de la producción total del tomate de industria en España. En 2015 se han visto incrementadas la producción y la superficie nacionales de este cultivo respecto a 2014 en un 12 y un 17 %, respectivamente.

Tabla 4. Superficie de cultivo y producción de tomate de industria en España en 2015 (Previsión)

Zona de producción	Superficie (ha)	Producción (t)	RTO (t/ha)
Extremadura	24.180	2.117.000	87,6
Andalucía	6.120	649.000	106,0
Valle del Ebro	2.800	205.000	73,2
Resto	1.135	85.000	74,9
Total España	**34.235**	**3.056.000**	**89,3**

Fuente: AGRUCON.

El cultivo de los tomates destinados a la industria tiene lugar principalmente en las áreas donde se localizan las fábricas: cerca de tres cuartos del tonelaje en Extremadura (irrigado por el río Guadiana), 10 % en Andalucía, 12 % en el valle del Ebro (Navarra, Rioja y Aragón) y el resto en otras áreas como Toledo, Murcia, Valencia y el delta del Ebro.

Aunque en Andalucía también hay industrias procesadoras, depende fundamentalmente de las industrias de Extremadura, donde se elabora principalmente tomate concentrado de la pulpa de tomate y dados y, en menor medida, tomate en polvo, tomate frito, salsas de tomate, kétchup y tomate triturado. En Navarra, hasta hace unos años, el tomate pelado entero tenía gran importancia, pero en la actualidad ha descendido de forma notable este tipo de elaboración sustituyéndose por tomate troceado o cubiteado, que junto con el triturado, ocupan la mayor parte de los transformados. Con menor importancia están el congelado (rodajas, cuartos, etc.), concentrado, salsas y fritos.

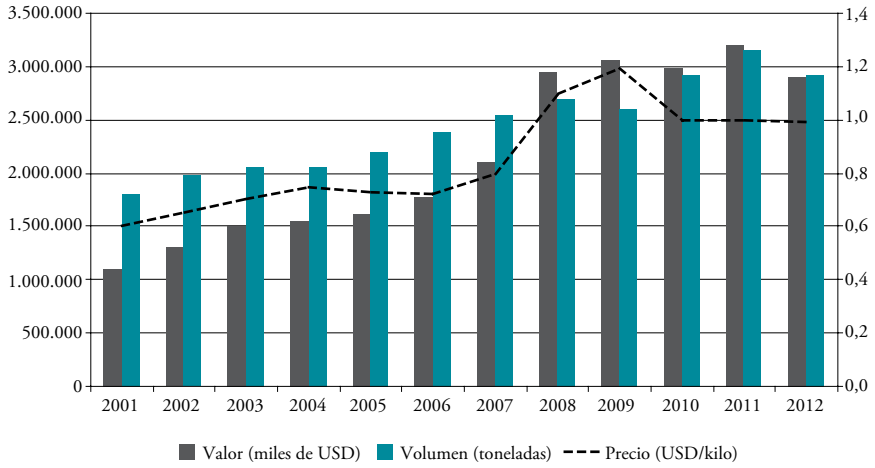
5.1. Comercio exterior

Del 90 % del comercio internacional de derivados del tomate corresponde, a pasta un 70 % y a pelado en conserva un 18 %, mientras que el 12 % restante está constituido por purés y salsas, entre otros. El mercado de conservas está muy concentrado, ya que Italia aporta casi el 80 % del total comercializado. En cambio, la oferta de pasta de tomate se encuentra más

repartida entre los países mediterráneos de la UE, Turquía, EEUU, China y, en el hemisferio sur, Chile. Los principales importadores de estos productos son los países de la UE que no son productores o tienen déficit, Reino Unido, Alemania y Francia; Estados Unidos, Canadá y Japón. En el caso de la pasta de tomate se agregan otros países que la utilizan como materia prima para su posterior procesamiento

En el Gráfico 1 se observa el crecimiento que ha tenido el comercio internacional de pasta y pulpa de tomate de 2001 a 2012. Mientras que en el año 2001 sumaba 1,8 millones de toneladas y un valor de 1.103 millones de dólares, en el año 2011 se registró la mayor cifra, con 3,2 millones de toneladas y un valor de 3.214 millones de dólares.

Gráfico 1. Volumen, valor y precio de las exportaciones mundiales de pasta y pulpa de tomate

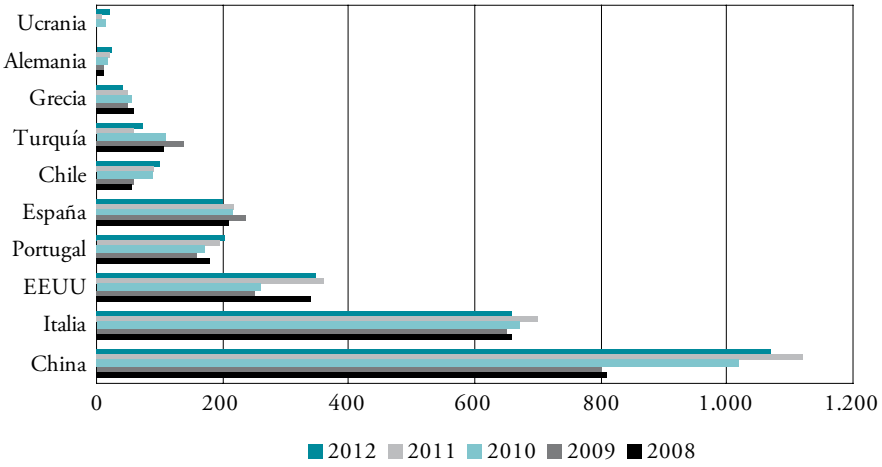


Fuente: Odepa con datos del International Trade Centre.

En el Gráfico 2 se presenta el volumen de pasta y pulpa de tomate comercializado por los principales países exportadores de 2008 a 2012. China es el actor más importante del mercado, con ventas de más de 1.000.000 t en los últimos tres años. En segundo y tercer lugar están Italia, con exportaciones de alrededor de 650.000 t y EEUU con cerca de 350.000 t en las últimas dos temporadas analizadas. Luego siguen Portugal y España con ventas cercanas a 200.000 t y Chile, con cifras crecientes y alrededor de 100.000 t en 2012. Los

diez primeros países suman el 96 % del volumen del comercio internacional en el año 2012.

Gráfico 2. Principales países exportadores de pasta y pulpa de tomate. En miles de toneladas



Fuente: Odepa con datos del International Trade Centre.

6. Costes de producción

Los costes de producción del tomate de industria no son los mismos en los dos grupos de zonas productoras (Extremadura y Andalucía, por un lado y valle del Ebro, por otro), siendo mayores en el Ebro que en las zonas del sur de la península, ya que además de encontrarse en la zona límite de cultivo por las características climatológicas, con lo que ello conlleva, se utiliza acolchado biodegradable prácticamente en toda la superficie.

Dentro de los costes de producción hay que considerar:

1. *Coste de las plantas*: en las dos zonas se utilizan variedades híbridas, de diferentes tipos en función del destino industrial: de otros usos y de pelado, pero también de *all flesh* o todo carne y de alto contenido en licopeno; estas últimas genéticamente con menor potencial productivo que los híbridos más utilizados habitualmente.

2. *Costes de cultivo*: la plantación se realiza con planta en cepellón, diferente en cada zona; por ejemplo, de mayor tamaño en el norte –a veces con dos plantas por cepellón– que en el sur, donde la plantación se realiza con máquina mientras que en el valle del Ebro es manual por la utilización de acolchado, aunque también hay un porcentaje de plantación mecánica. El riego normalmente es por goteo con cinta no reutilizable. Los tratamientos fitosanitarios se realizan con grandes equipos.
3. *Costes de recolección*: la recolección se realiza con cosechadoras provistas de selectores de color y otros métodos de clasificación del producto, y el tomate se lleva a granel a fábrica, normalmente en bañeras, aunque en la zona norte aún se transporta en *palots* algo de tomate pelado.

Las diferencias encontradas en el sistema de cultivo de las dos zonas: norte y sur, influyen en la rentabilidad del cultivo de acuerdo a las producciones obtenidas y al precio final que recibe el agricultor.

En la Tabla 5 aparecen los costes del cultivo en el valle del Ebro, en función de los dos tipos de tomate que más se realizan, tomate triturado y tomate pelado entero, ya que los costes de producción del tomate *all flesh* o todo carne, destinado principalmente a congelado (dados, rodajas, etc.) se asemejan a los de un tomate pelado.

Se pueden observar los altos costes de este cultivo desde su inicio en ambos casos, sobre todo los gastos indirectos donde el acolchado plástico biodegradable se lleva más del 25 % de esta partida. La producción, así como el precio de venta, están acordes con el tipo de tomate y hay que destacar que el precio se ha mantenido prácticamente igual durante los tres últimos años (2012-2015). Aun así, la comodidad del trabajo, al ser un cultivo mecanizado, y la falta de rentabilidad del resto de cultivos hace que el tomate de industria todavía resulte de interés para el agricultor.

Tabla 5. Costes e ingresos de cultivo del tomate de industria en Navarra

Cultivo (con acolchado y goteo)	Tomate triturado mecanizado	Tomate pelado entero mecanizado
Gastos		
Gastos directos	*2.300*	*2.300*
Maquinaria propia	*900*	*1.080*
Maquinaria alquilada	*1.100*	*1.375*
Mano de obra	*620*	*650*
Otros gastos de cultivo	*1.300*	*1.500*
Total gastos (euros/ha)	**6.220**	**6.905**
Ingresos		
Producción (kg/ha)	*90.000*	*85.000*
Precio venta (euros/t)	*75*	*90*
Ingresos por venta (euros)	*6.750*	*7.650*
Ingresos PAC (euros)	*180*	*180*
Total ingresos (euros/ha)	**6.930**	**7.830**
Margen neto (euros/ha)	**710**	**925**

Fuente: elaboración propia.

7. Retos y perspectivas

El tomate de industria es un cultivo que está aumentando su producción, a la vez que su consumo mundial. España es el mejor ejemplo de un país que ha registrado un importante incremento de superficie y producción en los últimos años. Hay que considerarlo como un cultivo extensivo y prácticamente mecanizado en su totalidad, que ha evolucionado muy rápidamente, ya que la puesta a punto de técnicas de cultivo como planta a cepellón, riego por goteo y fertirrigación, utilización de acolchado plástico en las zonas más limitantes para su cultivo por las condiciones climáticas y la introducción de nuevas variedades han hecho que las producciones que se están alcanzando sean de las más altas en el ámbito mundial y hacen de este cultivo un trabajo apetecible y rentable para el agricultor.

Hay que señalar que el productor de tomate se ha profesionalizado en todas las regiones productoras y cultiva explotaciones de grandes dimensiones, aunque siempre en función de la zona que se considere. No es lo mismo un productor extremeño o andaluz, con parcelas de más de 100 ha, que uno del valle delEbro, con parcelas de 10 ha. También debemos destacar que los pro-

ductores de tomate para transformación industrial ya están preparados con toda la maquinaria necesaria para su realización y es muy difícil que nuevos agricultores se inclinen por este cultivo debido a la maquinaria tan especializada que requiere.

Parece que la previsión de precios para la campaña 2016 es a mantenerse o disminuir ligeramente. En la campaña 2015 el precio del tomate para otros usos (concentrado, triturado, etc.) fue de 75 euros/t y superior en el caso de tomate para pelado, unos 90 euros/t. No obstante, a pesar de la bajada de precios prevista a 72-73 euros/t, se espera que se mantenga la tendencia ascendente de los últimos años en la superficie a cultivar en las principales zonas de producción (Extremadura, Andalucía y valle del Ebro), aunque ya se ha observado en 2015 respecto a 2014 una disminución en el resto de España.

En un contexto de máxima globalización es difícil poder competir con las producciones procedentes de países con menores costes de producción y con normativas medioambientales más laxas. En Europa hace ya tiempo que se ha dejado atrás el objetivo de maximizar la producción y la Política Agraria Común se dirige a potenciar los sistemas que maximicen la calidad de las producciones (Bouma *et al.*, 1998). En el caso del tomate para consumo en fresco esta tendencia es quizás más evidente. En tomate procesado, la tendencia no está tan clara, ya que se han impuesto los estándares de calidad establecidos por la industria sobre las demandas de los consumidores (Lee *et al.*, 2012).

Unas pocas firmas de transformadores controlan globalmente el mercado de tomate procesado y marcan las tendencias. De hecho, algunas de ellas como Heinz o Campbell Soup Co. desarrollan sus propias semillas. Es precisamente en este contexto de control de mercado por pocas empresas donde para poder destacar será necesario ofrecer productos claramente diferenciados. Será por tanto fundamental en el futuro poder aportar un valor añadido que permita diferenciarse en un mercado muy competitivo.

Referencias bibliográficas

Angarita, M. P. (2009): *Generación de líneas T-DNA de tomate (Solanum lycopersicum cv P73) e identificación de mutantes de inserción.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

Bouma, J.; Varallyay, G. y Batjes, N. (1998): «Principal land use changes anticipated in Europe»; *Agric. Ecosyst. Environ.* (67); pp. 103-119.

Brandt, S.; Pék, Z.; Barna, É.; Lugasi, A. y Helyes, L. (2006): «Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions»; *J. Sci. Food Agric.* 86(4); pp. 568-572.

Biurrun, R.; Malumbres, A.; Aguado, G.; Zuñiga, J.; Gurpegui, M.; Lezaun, J. y Garnica, I. (2012): «Control de plagas en tomate»; *Navarra Agraria* (192); pp. 21-24.

BOJA (2008): *Reglamento específico de producción integrada de tomate para transformación industrial*. Disponible en http://www.besana.es/legislacion/leg/boja/ORD2008-12-24.pdf.

Cámara, M. (2006): «Calidad nutricional y salud»; en Llácer, G.; Diez, M. J.; Carrillo, J. M. y Nuez, F., eds.: *Mejora genética de la calidad*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia; pp. 43-65.

Campillo, C. (2007): *Estudio para el diseño de un sistema de recomendación de manejo de agua en rotaciones de cultivo hortícolas en las Vegas del Guadiana*. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura.

Campillo Torres, C.; González García, J. A.; Fortes Gallego, R.; Millán Arias, S.; González García, V.; Chávez Ceferino, A.; Daza Delgado, C. y Prieto Losada, M. H. (2015): *Manual práctico de riego para tomates de industria*. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX).

Casañas, F. y Costell, E. (2006): «Calidad organoléptica»; en Llácer, G.; Díez, M. J.; Carrillo, J. M. y Badenes, M. L., eds.: *Mejora genética de la calidad en las plantas*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia; pp. 21-41.

Chamarro, L. J. (2001): «Anatomía y fisiología de la planta»; en Nuez, F.: *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 43-91.

Ciruelos, A.; de la Torre, R. y González, C. (2007): «Parámetros de calidad en el tomate para industria»; *Informe 2007: La agricultura y ganadería extremeñas*. Caja de Ahorros de Badajoz; pp. 157-170.

Corominas, J. (1990): *Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana*. Madrid, ed. Gredos.

Dalvi, V. B.; Tiwari, K. N.; Pawade, M. N. y Phirke, P. S. (1999): «Response surface analysis of tomato production under microirrigation»; *Agric. Water Manage* (41); pp. 11-19.

Diamanti, J.; Battino, M. y Mezzetti, B. (2011): «Breeding for fruit nutritional and nutraceutical quality»; en Jenks, M. A. y Bebeli, P. J., eds.:*Breeding for fruit quality*. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, EEUU; pp. 61-80.

Díez, M. J. (1995): «Tipos varietales»; *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 793.

Dondarini, R. (2010): «Storia e arte: aspetti storici»; en Angelini, R.: *Il pomodoro*. Bologna, Art Servizi editoriali.

Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. (2001): «Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate»; en Nuez, F.: *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 13-42.

Fridman, E.; Liu, Y. S.; Carmel-Goren, L.; Gur, A.; Shoresh, M.; Pleban, T.; Eshed, Y. y Zamir, D. (2002): «Two tightly linked QTLs modify tomato sugar content via different physiological pathways»; *Molecular Genetics and Genomics* (266); pp. 821-826.

García, E. y Barrett, D. M. (2006): «Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield»; *Journal of Food Processing and Preservation* 30(1); pp. 20-36.

Gobierno de Extremadura: Normativa Específica de la Producción Integrada de Tomate de Industria en Extremadura. Disponible en http://aym.juntaex.es/NR/rdonlyres/832E51D2-6184-45EF-953B-4C225404A198/0/nttomate.pdf.

Hamilton, J. T. (1976): «Tomato mite»; *Entomological Bulletin of the New South Wales Department of Agriculture* (56); pp. 1-3.

Harmanto; Salokhe, V. M.; Babel, M. S. y Tantau, H. J. (2005): «Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment»; *Agric. Water Manage* (71); pp. 225-242.

Hartz, T. K. y Bottoms, T. G. (2009): «Nitrogen requirements of drip-irrigated processing tomatoes»; *HortScience* 44(7); pp. 1988-1993.

Harvey, M.; Quilley, S. y Beynon, H. (2002): «Exploring the tomato. Transformations of nature»; *Society and Economy*. Cheltenham, Reino Unido, Edgar Publishing; pp. 304.

Jarén, C.; Arazuri, S.; Arana, I. y Arnal, P. (2002): «La recolección mecánica. Futuro del cultivo del tomate para la industria»; *Agrotécnica. Estudios Técnicos*; pp. 67-76. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Recol-tomate_tcm7-343290.pdf.

Jarén, C.; Arazuri, S.; Arnal, P. y Arana, I. (2002): «Recolección mecánica de tomate»; *Horticultura Internacional* (44); pp. 26-33.

Jenkins, J. A. (1948): «The origin of the cultivated tomato»; *Economic Botany* (2); pp. 379-392.

Kalamaki, M. S.; Harpster, M. H.; Plays, J. M.; Labavitch, J. M.; Reid, D. S. y Brummell, D. A. (2003): «Simultaneous transgenic suppression of *Lpg* and Leexp1 influences rheological properties of juice and concentrates from a processing tomato variety»; *J. Agric. Food Chem.* (51); pp. 7456-7464.

Kirda, C.; Cetin, M.; Dasgan, Y.; Topcu, S.; Kaman, H.; Ekici, B.; Derici, M. R. y Ozguven, A. I. (2004): «Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation»; *Agric. Water Manage* (69); pp. 191-201.

Lahoz, I. (2015): *Influencia del genotipo, el ambiente de cultivo y el uso de riegos deficitarios en la calidad organoléptica y funcional del tomate de industria*. Tesis Doctoral, Castellón, Universitat Jaume I de.

Lee, J.; Gereffi, G. y Beauvais, J. (2012): «Global value chains and agrifood standards: challenges and possibilities for smallholders in developing countries»; *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (109); pp. 12326-12331.

León, W. E. (2009): *Evaluación ambiental de la producción del cultivo de tomate (Licopersicon esculentum Mill.), bajo condiciones protegidas en las Palmas de Gran Canaria, España, mediante la utilización de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.

Long, J. (1995): «De tomates y jitomates en el siglo XVI»; *Estudios de Cultura Náhuatl* (25); pp. 239-252.

Macua, J. I.; Santos, A. y Zuñiga, J. (1999): «The effect of the planting date on the programmation yield and quality of processing tomato in Navarre»; *Acta Horticulturae* (487).

Macua, J. I.; Lahoz, I.; Bozal, J. M.; Zabaleta, J. y Calvillo, S. (2009): «Utilización de cubiertas en el tomate de industria en Navarra»; *Navarra Agraria* (172); pp. 29-38.

Macua, J. I.; Jiménez, E.; Suso, M. L.; Gervas, C. y Lahoz, I. (2013a): «The future of the processing tomato in the Ebro Valley lies with the use of biodegradable mulches»; *Acta Horticulturae* (971).

Macua, J. I.; Jiménez, E.; Daza, C.; Gervas, C. y Lahoz, I. (2013b): «Lycopene and processing tomato in Navarra. Influence of vegetable material»; *Acta Horticulturae* (971).

Macua, J. I.; Santos, A.; Malumbres, A.; Campillo, C.; Cebolla-Cornejo, J.; Roselló, S.; Gervas, C. y Lahoz, I. (2015): «Processing tomato in Navarra. «All flesh» cultivars»; *Acta Horticulturae* (1031); pp. 175-180.

Macua, J. I.; Lahoz, I.; Arróniz, A. y Calvillo, S. (2016): «Experimentación en tomate de industria. Campaña 2015»; *Navarra Agraria* (214); pp. 6-13.

Martínez-Valverde, I.; Periago, M. J.; Provan, G. y Chesson, A. (2002): «Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (Lycopersicon esculentum)»; *J. Sci. Food Agric.* (82); pp. 323-330.

Montes, S. y Aguirre, J. R. (1992): «Tomate de cascara (*Physalis philadelphica*)»; en Hernández, J. E. y León, J., eds.: *Cultivos marginados. Otra perspectivas de 1492*. FAO; pp. 115-120.

Müller, C. H. (1940): «The taxonomy and distribution of the genes Lycopersicon»; *National Horticultural Magazine* (19); pp. 157-160.

Navarra.es: Normativa Específica de la Producción Integrada de Tomate de Industria en Navarra. Disponible en http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Agricultura+y+Ganaderia/Agricultura/Produccion+Integrada/.

Nuez, F. (1995): *El cultivo de tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa.

Nuruddin, M. M.; Madramootoo, C. A. y Dodds, G. T. (2003): «Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality»; *HortScience* (38); pp. 1389-1393.

Obreza, T. A.; Pitts, D. J.; McGovern, R. J. y Speen, T. H. (1996): «Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality, and disease severity»; *Journal of Production Agriculture* (2); pp. 270-275.

Patanè, C. y Cosentino, S. L. (2010): «Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate»; *Agric. Water Manage* (97); pp. 131-138.

Petro-Turza, M. (1987): «Flavor of tomato and tomato products»; *Food Rev. Int*. 2(3); pp. 309-351.

Peralta, I. E.; Knapp, S. y Spooner, D. M. (2006): Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *Tomato Genet. Coop.* (56); pp. 6-12.

Prieto, M. H. y Rodríguez del Rincón, A. (1994): «Influence of the crop water status on fruit setting and final fruit number in a processing tomato crop»; *Acta Horticulturae* (376); pp. 333-336.

Prohens, J. y Nuez, F. (2008a): *Handbook of plant breeding: Vegetables I*. New York, EEUU.

Prohens, J. y Nuez, F. (2008b): *Handbook of plant breeding: Vegetables II*. New York, EEUU.

Pulupol, L. U.; Behboudian, M. H. y Fisher, K. J. (1996): «Growth, yield and post harvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation»; *HortScience* (31); pp. 926-929.

Quer, J. (1762-1784): *Flora española o Historia de las plantas que se crían en España* (VI Vols). Ibarra, Madrid.

Raffo, A.; Salucci, M.; AzzinI, E.; Berton, E. V.; Quaglia, G. B.; Fogliano, V.; Graziani, G. y La Malfa, G. (2003): «Nutritional characteristics of greenhouse cherry tomatoes»; *Acta Hort.* (19); pp. 11-19.

Rick, C. M. (1978): «The tomato»; *Sci. Amer.* (239); pp. 67-76.

Rodríguez del Rincón, A. y Ruiz Altisent, M. (1996): «Mecanización de la recolección del tomate de industria»; *HF-HortoinFormación* (79); pp. 36-38.

Roselló, S. y Nuez, F. (2006): «Mejora de la calidad del tomate para fresco»; en Llácer, G.; Díez, M. J.; Carrillo, J. M. y Badenes, M. L., eds.: *Mejora genética de la calidad en plantas*. Universidad Politécnica de Valencia.

Tapia Cruz, B. (2013): *La industria de la pastade tomate*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en http://www.odepa.gob.cl.

Torres Vila, L. M.; Merino, R. S. y Fernández Bautista, J. (2007): «La sanidad vegetal del tomate de industria en Extremadura: situación actual y perspectivas»; *Phitoma España: la revista profesional de sanidad vegetal* (186); pp. 23-30. Disponible en http://www.phytoma.com/tienda/articulos-editorial/221-186-febrero-2007/8730-la-sanidad-vegetal-del-tomate-de-industria-en-extremadura-situacion-actual-y-perspectivas.

Vázquez, N.; Pardo, A.; Suso, M. L. y Quemada, M. (2006): «Drainageand nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching»; *Agric. Ecosyst. Environm.* (112); pp. 313-323.

Waister, P. D. y Hudson, J. P. (1970): «Effects of soil moisture regimes on leaf water deficit, transpiration and yield of tomatoes»; *Hortic. Sci.* (45); pp. 359-370.

Yilmaz, E. (2001): «The chemistry of fresh tomato flavor»; *Turk J Agric For.* (25); pp. 149-155.

Pimiento

Luis Fernando Condés Rodriguez
Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia

1. Introducción

El origen del pimiento se sitúa en América del Sur, más concretamente en Bolivia y Perú. Introducido inicialmente por el área mediterránea desde América siguió distribuyéndose por África, India, China, América del Norte y Oceanía. Actualmente su cultivo se encuentra distribuido por todo el mundo.

En la zona noreste de los Andes se encuentra una litografía con frutos de pimiento que data entre los siglos IX y XI, quizás sea la referencia más antigua que se conozca.

Con una variabilidad genética muy grande, como se explicará en el apartado de material vegetal, sus usos también son variados. Desde el consumo en fresco, el más habitual; el procesado para pimentón, con desecación y molienda; la industria, en conservas, picantes, guindillas, especias, congelados, tiras, dados y obtenciones de oleorresinas, colorantes, etc.

2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)

La clasificación botánica completa del pimiento es la siguiente:

División: Spermatophyta.
Línea XIV: Angiospermae.
Clase A: Dicotyledones.
Rama 2: Malvales-Tubiflorae.
Orden XXI: Solanales (Personatae).
Familia: Solanaceae.
Género: Capsicum.

La raíz es axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces secundarias, la superficie explorada es de unos 30 a 50 cm en horizontal y profundiza hasta los 70 a 120 cm, con una mayor densidad de raíces secundarias en la parte superficial entre los 30-60 cm. El sistema radical supone entre el 5 y el 20 % del peso total de la planta y varía entre cultivares y formas culturales o condiciones de cultivo.

El tallo es erguido, su primera ramificación se origina cuando la plántula ha alcanzado un desarrollo de 15 a 20 cm, donde se produce la primera flor o flor de corona. En el momento en el que se ha formado la flor o vástago floral en la terminación del brote se produce la evolución de otros nuevos axilares a las hojas que lo culminan, creciendo con marcada dominancia apical o acrotomía.

La sección transversal del tallo es variable según las zonas de la planta, siendo más redondeado en la base y más angular conforme se va ascendiendo.

El desarrollo del tallo se ve muy influenciado por la iluminación diaria total, siendo este efecto más importante que la calidad de la luz y el fotoperiodo. A niveles bajos de iluminación se produce la elongación del tallo por encima de la normalidad, formándose además más delgados y débiles. Debido también a esa falta de luz la fotosíntesis será inferior y el trasporte de asimilados se verá limitado por el grosor del tallo antes reseñado.

Figura 1. Estructura incial de una planta de pimiento

Otro factor que afecta en el desarrollo del tallo es la temperatura y la termoperiodicidad. Las temperaturas bajas retrasan el crecimiento y las altas provocan una elongación excesiva. Las óptimas diarias están en torno a los 25 ºC, con un diferencial térmico día-noche de 5 a 8 ºC, ampliándose el intervalo cuanto mayor es el desarrollo de la planta. El mayor índice de transformación de materia seca se consigue con unas temperaturas de 20 a 25 ºC. Si son inferiores a 15 ºC ralentizan o retienen el desarrollo vegetativo.

En la Figura 1 se observa la estructura inicial de una planta de pimiento. A partir del tallo primario se forma, tras el botón de flor, una tricotomía con brotes que en su extremo darán un segundo botón de flor y a su vez se diversificarán en tres dicotomías, para seguir así sucesivamente hasta la terminación del cultivo.

Las hojas son simples, enteras, desde lanceoladas a aovadas dependiendo de los cultivares, con borde entero o muy ligeramente sinuado en la base y pecíolo largo.

La hoja tiene una marcada función fotosintética y de respiración-transpiración, por lo que su número y tamaño influye fuertemente en el desarrollo de la planta y su fructificación. Estos valores se sitúan entre 0,5 y 2 g de materia seca por dm^2 de área foliar y día como crecimiento potencial, situando el crecimiento real en torno al 0,13-0,5 g de materia seca por dm^2 de área foliar y día.

Un área foliar excesiva, sin embargo, reduce la productividad de la planta al aumentarse la concentración de sustancias inhibidoras de la presencia de sustancias estimulantes. Así como un área foliar insuficiente limitará la producción fotosintética y, por tanto, el crecimiento de la planta.

Se hace muy necesario el control de la aportación nitrogenada en el tiempo, cuantitativa y cualitativamente, debido a que un exceso en la misma nos producirá un aumento del crecimiento vegetativo y un deficiente desarrollo floral, retardando o inhibiendo la formación de las flores o incluso la caída de las mismas. Un déficit de nutrición nitrogenada nos origina una exuberante floración, exceso de cuaje, agotamiento prematuro de la planta y muy deficiente calidad comercial.

Las flores suelen nacer una por nudo, aunque en ocasiones se pueden presentar más de una.

Las flores del pimiento son hermafroditas, están unidas al tallo por un pedúnculo de 10 a 20 mm de longitud. El cáliz está constituido por 5 a 8 sépalos. La corola formada por 5 a 8 pétalos soldados por la base y con

un diámetro de 10 a 20 mm. El androceo lo forman de 5 a 8 estambres de 1,8 a 3,5 mm de longitud y en cada extremo llevan una antera de 1,2 mm de anchura y de 2 a 4 mm de larga; cada antera tiene 2 tecas y cada teca 2 sacos polínicos. El gineceo está formado por 2 a 4 carpelos soldados, consta de un ovario de 2 a 5 mm de longitud y 1,5 a 5 mm de diámetro con nectarios en su parte basal, el estilo, que varía entre 3,5 y 6,5 mm, y el estigma.

La temperatura ambiente durante quince días antes de la apertura de la flor influye sobre la cantidad de polen estéril.

La temperatura óptima para la germinación del polen es la comprendida entre los 20 y 25 ºC. La viabilidad de este depende también de la temperatura ambiente, así entre 20 y 30 ºC el polen se conserva activo entre 1 y 2 días. Sin embargo, a 0 ºC puede conservarse activo durante 5 o 6 días a condición de mantener un ambiente seco.

Con temperaturas nocturnas comprendidas entre 8 y 10 ºC el polen es inactivo para la fecundación.

La fructificación es en baya, constituida por un pericarpio grueso y jugoso y un eje formado por un tejido placentario, en el que se encuentran las semillas.

Una débil intensidad luminosa acompañada de temperaturas diurnas por encima de 30 ºC disminuyen el porcentaje de fecundación, aumentando paulatinamente el mismo por debajo de esta temperatura hasta los 16 ºC. Pero si son inferiores también comprometen la fecundación, sobre todo si son acompañadas de una humedad relativa baja, provocando caída de flores y frutos recién fecundados.

La semilla es aplastada hemidiscoidal de superficie lisa, sin pubescencia, con un lado más recto que es donde se encuentra el hilo o cicatriz al desprenderse de la placenta.

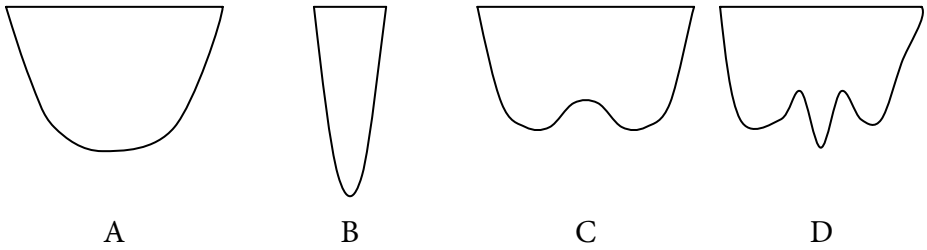
El grosor del pericarpio varía según el tipo de uso del pimiento. En los pimientos utilizados como especia la «carne» es más delgada y con un contenido en agua inferior a los usados para fresco, que poseen carne gruesa y mayor contenido hídrico.

En cuanto a la forma es muy variada. La unión del extremo del pedúnculo y los tejidos desarrollados a partir del receptáculo floral puede ser de forma cóncava, convexa o plana. La sección transversal varía desde circular a poligonal y su sección longitudinal puede ser rectangular, circular, espiral o irregular.

La buena terminación del ápice es importante en cuanto a su cierre debido a que en ocasiones nos encontramos con que esto no se produce comple-

tamente, favoreciendo la entrada de hongos. Su forma puede ser redondeada (A), apuntada (B), hundida (C) o hundido-apuntada (D). (Figura 2).

Figura 2. Formas del ápice



El tejido placentario presenta dos funciones: placentaria y excretora. Se desarrolla a lo largo de la sutura de los carpelos y algunas de sus células epidérmicas se trasforman en glandulares, secretando capsaicina. Esta secreción comienza a los pocos días del cuajado, produciéndose el mayor contenido en capsaicina en el momento del viraje de color.

Los colores, por su parte, también presentan gran diversidad. En los frutos inmaduros la gama va desde pálidos verdes casi blancos hasta los más intensos verdes casi marrón. En los frutos maduros la diversificación se aglutina en dos grandes grupos, amarillos y rojos en todas las gamas de tonalidades que pasan por el naranja y, en ciertas variedades, llegan a un rojo tan intenso que se convierte en violeta-marrón.

El pedúnculo tiene una gran importancia en cuanto a su forma, su tamaño, su grosor y su inserción al tallo, debido a que estos factores influyen en el momento de la recolección. En las variedades utilizadas como especia, el pedúnculo suele ser mas fino que en las otras variedades y su inserción más sólida.

Para cada cultivar existe una carga fisiológica determinada, lo que nos produce que cuando se encuentran en la planta un número elevado de frutos disminuye el cuaje de nuevas flores. El porcentaje de flores cuajadas va en función de la edad de la planta disminuyendo a medida que va siendo más adulta.

La humedad relativa óptima se sitúa entre el 50 y 70 %. Valores por encima del 80 %, unidos a una vegetación exuberante, favorecen ataques de botrytis y provocan deficiente fecundación floral. Humedades relativas bajas hacen que prosperen los ataques de ácaros.

Respecto a la humedad del suelo, el pimiento es planta muy sensible a encharcamientos, produciendo caída de flores y frutos, con una importante disminución de productividad.

La baja intensidad luminosa tiene influencia muy marcada sobre la elongación de los tallos, desequilibrando la planta. Aunque la luminosidad exterior sea correcta hay que tener en cuenta la pérdida ocasionada por el material de forzado, sobre todo en caso de uso de polipropileno no tejido.

3. Cultivo

3.1. Material vegetal

La clasificación de cultivares más utilizada es la realizada por Pochard en 1966 y se ve completada con los cultivares que Costa en 1978 incluyó y que pueden verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Cultivares de pimiento más usados

Tipo	Forma del fruto	Cultivar
Tipo A	Sección longitudinal cuadrangular (largo = ancho)	A-1. Pulpa espesa, liso no deprimido. *Yolo Wonder.*
		A-2. Bastante espesa, muy deprimido. *Quadrato de Asti.*
		A-3. Asurcado, deprimido. *Dulce Cuadrado.*
		A-4. Pulpa delgada, peso < 100 g *Serveka.*
Tipo B	Sección longitudinal rectangular (largo>ancho)	B-1. Largo / ancho < 2. *Trompa de Vaca, Lamuyo.*
		B-2. Largo / ancho > 2. *Dulce España*
		B-3. Forma troncocónica. Peso aprox. 100 g *Ruby King.*
		B-4. Peso < 100 g *Dulce Aurora.*
Tipo C	Sección longitudinal triangular	C-1. Muy alargado, puntiagudo. *Cuerno de Toro, Dulce Italiano*.
		C-2. Muy alargado, obtuso. *Dulce de Argelia.*
		C-3. Alargado medio, parte superior ancha. *Najerano.*
		C-4. Fruto corto. *Datler, Csardas.*
Tipo F	De fruto aplastado	*Topepo-paprika.*
Tipo N	De fruto subesférico	*Pimiento de Bola o Ñora.*
Tipo P	De fruto cordiforme	Morrón de conserva.

Pero vulgarmente y por su uso habitual se emplea también una clasificación, que se podría conocer como comercial y que sería la representada en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación «comercial» de los cultivares de pimiento

Tipo	Forma	Maduración
Tipo Rectangular	Largo de 15 a 20 cm y ancho de 7 a 12 cm. Superficie lisa, consistente. Pared carnosa de 4 a 8 mm de espesor.	Maduración en rojo.
		Maduración en amarillo
Tipo Cuadrado	De 8 a 14 cm de lado resto similar a los de tipo rectangular.	Maduración en rojo.
		Maduración en amarillo.
		Maduración en naranja.
		Maduración en violeta.
Tipo Cónico-Largo	Largo 15 a 30 cm, diámetro 3-6 cm en la base. Punta mas o menos curvada. Paredes 2-4 mm de grosor. Sabor dulce.	Dulce Italiano. Maduración en rojo.
	Largo 10 a 22 cm, diámetro 2-4 cm en la base. Paredes 2-8 mm de grosor. Sabor picante.	Tipo Picante. Maduración en rojo.
	Recto, anchura en la base de 5 a 7 cm, largo 10-20 cm. Espesor de la pared de 2 a 4 mm.	Tipo Mallorquín. amarillo que vira a rojo en madurez.
	Otros tipos.	Padrón, Mediterráneo, etc.
Tipo Industria	Para Conserva.	
	Para Pimentón.	

3.2. Semillero

Se siembra en bandeja de poliexpán con un diámetro por alvéolo de unos 4-5 cm. La mezcla aproximada es de un 85-90 % de turba rubia y un 10-15 % de vermiculita, con lo que se logra una buena esponjosidad del sustrato. La cubrición se hace con una ligera capa de vermiculita para favorecer la nascencia de la semilla.

Tras la siembra, se lleva a la cámara de germinación a unos 25 ºC de temperatura y una humedad relativa del 85-90 %. Temperaturas superiores o inferiores a la expuesta producen germinaciones más ralentizadas. A 10 ºC no se produce la germinación de la semilla, ni tampoco con aquellas iguales o superiores a 40 ºC.

A los dos días, las bandejas se colocan en invernadero, emergiendo la plántula unos 6 días después.

El cuidado en semillero consiste en mantener idealmente una temperatura diurna entre 20 y 23 ºC y nocturna de 18-20 ºC.

Una vez superados los 30-35 días de semillero es conveniente temperaturas del aire de unos 18-20 ºC durante el día y 16 ºC durante la noche,

ampliando la ventilación del semillero para lograr un endurecimiento de la planta, con lo que se consigue una mejor adaptación durante el trasplante.

Durante el tiempo de estancia se emplea una solución nutritiva completa y rica en fósforo. Equilibrios 1-1-1, 1-1-2, o incluso 1-2-2, son frecuentes en esta zona. Normalmente con el agua, las necesidades en esta fase de azufre, calcio y magnesio están cubiertas, pero es necesario incorporar una solución de microelementos.

La conductividad ideal de la solución nutritiva es de 1,1 a 1,5 $dS \cdot m^{-1}$, pero a veces el agua tiene una conductividad próxima a 1,3 $dS \cdot m^{-1}$, con lo que nos vemos obligados a mantener conductividades aproximadas a 1,6-1,8 $dS \cdot m^{-1}$. No se han observado problemas y en todo caso al mediodía, se suele dar un riego de lavado con agua sola.

Figura 3. Plántulas a los 20 días de la siembra en el semillero (izda.) y detalle del sistema radicular (dcha.)

3.3. Preparación del suelo

Después de las labores de desfondado y fresado habituales en cualquier cultivo hortícola y, junto con esta última operación, la incorporación al terreno de estiércol y abonado de fondo, se procede a colocar las mangueras portagoteros y el plástico de acolchado transparente o negro.

3.4. Trasplante

Una vez que la planta ha alcanzado su desarrollo adecuado al cabo de unos 50 días en semillero se lleva a cabo el trasplante. Se utiliza un marco de

plantación de 1,5 m entre filas y 0,20 m entre plantas, con dos hileras separadas 0,20 m colocadas a tresbolillo, según se observa en la Figura 4.

Figura 4. Distribución de la planta al tresbolillo

Dependiendo del tipo de pimiento cultivado también se utilizan marcos de 1,5 x 0,3 m, 1,5 x 0,4 m, 1 x 0,5 m o 1 x 0,4 m.

Posteriormente, para las plantaciones más tempranas se coloca una cubierta flotante de polipropileno no tejido (agrotextil) de 17-20 g m^{-2} sujeta mediante clavillas semicirculares colocadas cada 3 m. El mismo hilo que sujeta las clavillas nos servirá de entutorado cuando se quite la cubierta flotante si introducimos unas perchas o fijadores intercalados entre las clavillas. También, para el forzado se utiliza el polietileno transparente, perforado o no, aunque la tendencia es mayor hacia el agrotextil porque al permitir un ligero intercambio gaseoso se consigue mayor homogeneidad en la plantación.

Figura 5. Semiforzado a base de microtúnel con agrotextil (izda.) y detalle de clavilla o percha para entutorado de las plantas (dcha.)

3.5. Fertilización

Para plantaciones al aire libre realizadas a primeros de abril podemos aplicar en cobertera el programa de abonado representado en la Tabla 3.

El programa de abonado aquí presentado es orientativo, utilizado en la Región de Murcia, con la particularidad de su clima y sus suelos, teniendo que adaptarse a las condiciones de cada comarca y, además, a las características de cada explotación según se observe la evolución del cultivo, así como los diferentes análisis foliares y, sobre todo, de suelo y agua que se pueden ir realizando.

Tabla 3. Programa de abonado

1.ª fase: 1-0, 6-1, 3 10.000 m² y semana		
Abril	Fosfato monopotásico	4 kg
	Nitrato potásico	7 kg
	Nitrato cálcico	16 kg
Mayo	Fosfato monopotásico	5 kg
	Nitrato potásico	9 kg
	Nitrato cálcico	20 kg
Junio	Fosfato monopotásico	6 kg
	Nitrato potásico	10 kg
	Nitrato cálcico	24 kg
2.ª fase: 1-0, 6-1, 6 10.000 m² y semana		
Julio	Fosfato monopotásico	7 kg
	Nitrato potásico	15 kg
	Nitrato magnésico	6 kg
	Nitrato cálcico	19 kg
Agosto	Fosfato monopotásico	7 kg
	Nitrato potásico	17 kg
	Nitrato magnésico	8 kg
	Nitrato cálcico	23 kg

* En septiembre la planta comienza la decadencia vegetativa y se puede abonar como en julio.
** Con los abonos habituales, no se deben mezclar el magnesio o el calcio con los fosfatos, sí hay abonos que permiten esta mezcla. Para aguas de riego que lleven en disolución más de 2 meq/litro de magnesio, no es necesario utilizar este nutriente, sustituyendo el nitrato de magnesio por nitrato cálcico, en proporción 1 a 0,7.

Las extracciones dependen del tipo de pimiento y de las condiciones culturales. Según L. Rincón (2003) para el tipo lamuyo, con las condiciones agroclimáticas del Campo de Cartagena y expresadas en $kg \cdot ha^{-1}$ de nutriente por tonelada de fruto comercial son: 3,75 kg de N, 1,25 kg de P_2O_5, 5,7 kg de K_2O, 2,2 kg de Ca y 1 kg de Mg.

De estas cantidades, el 64 % del nitrógeno y el 77 % del fósforo se acumulan en los frutos y la mayor parte del calcio (79 %) y del magnesio (52 %) en las hojas.

3.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías

La recomendación en el cultivo del pimiento es seguir técnicas de Producción Integrada, que se define como «un sistema agrícola de producción de vegetales que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de producción naturales y asegura a largo plazo una agricultura sostenible. En ella los métodos biológicos, químicos y otras técnicas son cuidadosamente elegidos y equilibrados, teniendo en cuenta las exigencias de la sociedad, la rentabilidad y la protección del medioambiente». Por tanto, la estrategia a seguir es favorecer la implantación de insectos auxiliares para el control biológico.

Cuando hay que utilizar fitosanitarios se recomienda la elección de aquellos específicos que controlen la plaga en cuestión, respetando al máximo los auxiliares, con el fin de no alterar el equilibrio ecológico del sistema, comprobando que estén debidamente registrados.

Los códigos recomendados para plagas y enfermedades en el pimiento según la sección de hortalizas y ornamentales de la Federación Internacional de Semillas (FIS) son los de la Tabla 4.

Es recomendable la utilización de material vegetal con resistencia/tolerancia a plagas y enfermedades, pero debemos conocer los posibles problemas que existan en la zona de producción, pues el utilizar material resistente o tolerante sin la existencia del problema puede causar la aparición de resistencias en los patógenos.

Tabla 4. Códigos recomendados para plagas y enfermedades en el pimiento

Nombre científico	Código
Virus	
Chilli veinal mosaic potyvirus	ChiVMV
Cucumber mosaic cucumovirus	CMV
Pepper mild mottle tobamovirus	PMMoV
Pepper mottle potyvirus	PepMoV
Pepper yellow mosaic potyvirus	PepYMV
Potato Y potivirus	PVY
Tobacco etch potyvirus	TEV
Tobacco mild green mosaic tobamovirus	TMGMV
Tobacco mosaic tobamovirus	TMV
Tomato mosaic tobamovirus	ToMV
Tomato spotted wilt tospovirus	TSWV
Bacterias	
ralstonia solanacearum	Rs
Xanthomonas campestris pv. vesicatoria	Xcv
Hongos	
fusarium oxysporium f.sp. capsici	Foc
Leveillula taurica (Oidiopsis sicula)	Lt
Phytophthora capsici	Pc
Nematodos	
meloidogine arenaria	Ma
Meloidogine incognita	Mi
Meloidogine javanica	Mj

Fuente: sección de hortalizas y ornamentales de la Federación Internacional de Semillas (FIS).

3.6.1. Plagas

3.6.1.1. Araña Blanca: Polyphagotarsonemus latus *Banks (*Actinotrichida: Tarsonemidae*)*

- Se distribuye por las zonas templadas y subtropicales de todo el mundo.
- El pimiento es un cultivo muy susceptible, así como el pepino, tomate y berenjena.
- Para su desarrollo requiere una humedad relativa alta, entre el 75 y el 90 %.

- Temperaturas superiores a 30 ºC y humedades relativas bajas son letales para huevos y ninfas.
- Las hojas de las plantas atacadas se recurvan, generalmente hacia el envés, alargándose. La nervadura principal y, en ocasiones, las secundarias toman un aspecto sinuoso, produciéndose una decoloración y bronceamiento de la superficie afectada. La planta presenta un aspecto general de arrepollamiento en la parte terminal, mostrando las ramas poco follaje.

3.6.1.2. Araña Roja: Tetranychus urticae *Koch,* T. turkestani *Uga.* (Actinotrichidae: Tetranychidae)

- El desarrollo de su ciclo biológico es muy rápido, completándose una generación en condiciones óptimas (30 ºC) en una semana, estando favorecido por temperaturas elevadas y ambiente seco. En condiciones climáticas favorables, las generaciones se suceden ininterrumpidamente durante todo el año. Teje capas de seda, creando un microclima que le protege de la deshidratación y de los ataques de sus depredadores. A menos de 12 ºC no se suele desarrollar y entra en diapausa, y a más de 40 ºC se produce una gran mortalidad y se bloquea su desarrollo. Si la humedad relativa es superior al 65 % se dificulta su reproducción.
- El síntoma que produce en las hojas es una decoloración difusa, amarilleo, desecación e incluso caída.

Figura 6. Diferentes estadios de araña roja

Foto: Antonio Monserrat (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

3.6.1.3. Mosca Blanca: Bemisia tabaci *Gennadius,* Trialurodes vapororiorum *Westwood* (Homóptera: Aleyrodidae)

- *Bemisia tabaci* es la transmisora del TYLCV (*tomato yellow leaf curl virus*) o virus del rizado amarillo de las hojas del tomate (virus de la cuchara), entre otros virus. También es la responsable de la dispersión del ácaro blanco, al engancharse en sus patas y aprovechar el vuelo del hemíptero.
- Las alas de *Bemisia tabaci*, en reposo, toman una disposición típica en tejadillo que sirve para diferenciarlos fácilmente de los adultos de *T. vaporariorum*.
- Pueden producir, con su alimentación, diversos efectos como decoloración foliar, decaimiento de la planta, etc. Debido a la melaza que segregan pueden inducir el desarrollo de negrilla y *Bemisia* es vector de virus vegetales; concretamente el virus de la hoja rizada del pimiento (*leaf curl virus*).

Figura 7. Adulto de *Bemisia tabaci*

Foto: Antonio Monserrat (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

3.6.1.4. Noctuidos: Spodoptera exigua *Hübner,* Heliothis armigera *Hübner* (Lepidóptera: Noctuidae)

- *Spodoptera exigua* (rosquilla verde o gardama) está distribuida por África, sur de Europa, India y sur de Asia, Japón, Australia, EEUU y Canadá (Hill, 1987).
- *Heliothis armigera* es una especie cosmopolita y polífaga que se distribuye por Europa, África, Asia y Oceanía.
- Huevos:
    - *Spodoptera exigua*. Esféricos, ligeramente achatados por la parte superior, color blanquecino nacarado de unos 0,5 mm de diámetro. Son depositados en placas de unas 100-200 unidades, en capas perfectamente ordenadas de 1-3, en el envés de las hojas.
    - *Heliothis armigera*. Huevos esféricos, algo apuntados, de color blanco y con estrías en su superficie y un diámetro aproximado de 0,5 mm. Son depositados por la hembra de forma aislada en los brotes jóvenes.

- Oruga:
    - *Spodoptera exigua*. Longitud máxima de 30 a 35 mm. Tienen tres pares de patas torácicas y cinco pares de falsas patas abdominales, con coloración variable.

Figura 9. Larva de *Spodoptera*

Fuente: Antonio M. Castallo-Villar (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

Figura 8. Puesta de *Spodoptera*

Fuente: Antonio M. Castallo-Villar (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

- *Heliothis armigera*. Con coloración variable y fondo verde, más raramente parduzco. Longitud máxima de 30 a 40 mm.

- Crisálida:
  - *Spodoptera exigua*. Longitud de 15 a 18 mm, de coloración verde al principio y marrón rojiza al final.
  - *Heliothis armigera*. Longitud de 20 a 25 mm, de coloración pardo rojiza.

- Adulto:
  - *Spodoptera exigua*. Alas anteriores y cuerpo grisáceo-pardo. Las alas anteriores son estrechas y las posteriores son blanquecinas. Envergadura alar de 20 a 30 mm.
  - *Heliothis armigera*. Los adultos miden aproximadamente 20 mm de longitud y de 35 a 40 mm de envergadura, con color marrón claro las hembras y verdoso los machos. Las alas posteriores son de color blanquecino con los márgenes amarillentos.

Figura 10. Adulto de *Heliothis*

Foto: Antonio Monserrat (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

- Al alimentarse las orugas de las hojas y brotes se origina un debilitamiento generalizado de la planta. Sin embargo, los principales perjuicios se producen al introducirse las orugas dentro de los pimientos, debido a que al daño directo de agujerear los frutos y aparecer el interior comido se añade otro indirecto, como consecuencia de las podredumbres originadas.

3.6.1.5. Pulgones: Myzus persicae Sulzer, Aphis gossypii Glover (Homóptera: Aphididae)

- Es una especie muy cosmopolita y con una amplia difusión por todo el mundo.
- La duración del ciclo biológico partenogenético es función de la temperatura. A 24 ºC es de 7 días; alargándose considerablemente por debajo de 20 ºC. El óptimo térmico se sitúa a 26 ºC, viéndose reducido su poder multiplicativo a temperaturas superiores a 30 ºC. *A. gossypi* en general se puede considerar como una especie de buen desarrollo a altas temperaturas, reemplazando a *M. persicae* cuando la temperatura supera 30 ºC.
- Su enorme capacidad reproductiva hace que muchas especies de pulgones causen serios daños a una gran cantidad de cultivos en muy poco espacio de tiempo.
- Los daños que produce son:
    - Deformaciones debido a la alteración hormonal producida al extraer la savia o debidas a las fitotoxicidades que produce la saliva.
    - Son transmisores de virus (PVY, CMV, ZYMV…). *M. persicae* se muestra como un eficaz vector de más de 120 virus que afectan a cultivos arbóreos y herbáceos.
    - Favorece la presencia de *Cladosporium* debido a que al alimentarse de savia (rica en azúcares, pero pobre en proteínas) necesitan extraer grandes cantidades de savia para conseguir las proteínas necesarias, excretando el sobrante de azúcares en forma de melaza y así se reduce el proceso de fotosíntesis.

3.6.1.6. Trips: Frankliniella occidentalis Pergande (Thysanoptera: Thripidae)

- Se alimenta de savia, polen y de huevos de araña roja.
- Los daños que provoca son:
    - Deformaciones al perforar las células para succionar su contenido, haciendo que el tejido de alrededor muera.
    - Las yemas florales muy atacadas no llegan a abrirse.
    - En el pimiento, el cáliz se queda separado del epicarpio y con pústulas marrón claro.
    - El mayor daño es por ser vector en la transmisión del TSWV (*tomato spotted wild virus*) o virus del bronceado. El virus solo lo adquiere en el primer estadio larvario pero es persistente y multiplicativo.
    - También puede transmitir el INSV (*Impatiens necrotic spot virus*).

3.6.2. Enfermedades

3.6.2.1. Podredumbre gris: Botrytis cinerea Pers.

El patógeno puede infectar la flor y desarrollar la enfermedad en el primer estadio, sin obtenerse el correspondiente fruto o bien, darse una infección latente, dando origen al fruto con resto de flor colonizada por el patógeno y adherida al fruto en tres posibles puntos: pedúnculo, zona central o ápice. Por orden creciente de importancia, las partes más susceptibles a la infección son ramificaciones secundarias, flores y frutos atacados por pedúnculo.

Es un hongo cosmopolita y polífago que puede actuar como saprofito o como parásito sobre más de 200 plantas diferentes; entre las especies de cultivos hortícolas de invernadero destacan por su susceptibilidad: alta, la berenjena; media, el pimiento y el tomate; y media-baja, la judía y el pepino.

Las principales fuentes de inóculo son las conidias y los restos vegetales, que son dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia, gotas de condensación y agua de riego. Asimismo, los pétalos infectados y desprendidos actúan dispersando el hongo. La temperatura y humedad relativa tienen influencia en la enfermedad (en general, son óptimas humedades relativas del 95 %, temperaturas de 17 a 23 ºC, aunque el hongo es activo por encima de 0 ºC), así como, la fenología del cultivo.

Figura 11. Planta de pimiento afectada de botrytis

Foto: Antonio Monserrat (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

3.6.2.2. Oidiopsis: Leveillula taurica (Lev.) Arnaud

Esta micosis es endémica en casi todo el mundo, pero es especialmente epidémica en las regiones áridas y semiáridas. Es muy rara su presencia en climas fríos.

Se muestra fundamentalmente en las hojas. Aparecen en el haz decoloraciones circulares amarillentas, que debido a una posterior necrosis adquieren un color parduzco. Cuando las lesiones son numerosas se produce un amarilleamiento total de la hoja. En el envés, correspondiendo con las lesiones del haz, se desarrolla un punteado necrótico, muchas veces cubierto de un moho pulverulento blanco.

Se conserva en los residuos vegetales de los cultivos precedentes y sobre otras plantas huéspedes cultivadas o no, difundiéndose mediante conidios. Estos germinan dando filamentos micelares que penetran por los estomas de las hojas. A través de los estomas salen también los conidióforos, produciendo el polvillo blanquecino característico. Así pues, a diferencia de otros oídios, es un endoparásito, lo que tiene importancia para el tratamiento químico del mismo.

Las temperaturas elevadas favorecen el desarrollo del patógeno, situándose el rango de las mismas entre 10 y 35 ºC, con un óptimo alrededor de 26 ºC y una humedad relativa del 70-80 %. Se propaga a largas distancias a través del viento.

3.6.3. Fisiopatías

3.6.3.1. Podredumbre apical

En la zona inferior del fruto aparece una mancha negra con una posterior podredumbre. Se produce como consecuencia de una deficiente traslocación del calcio a través del fruto, debido a las altas temperaturas y baja humedad relativa, que en condiciones de cierta salinidad y déficit hídrico puede acentuar la presencia de esta fisiopatía. Como se observa en la Figura 12, en la zona central de la alteración un micelio oscuro característico de hongos saprofíticos (*Rhizopus*, etc.). Al estar subalimentada la membrana celular con calcio, el protoplasma aflora al exterior y sirve como líquido nutritivo para la incorporación de este tipo de hongos.

Para paliar en lo posible esta alteración se pueden efectuar las siguientes medidas:

1. Disminuir en la solución nutritiva los cationes monovalentes, al existir un antagonismo patente entre cationes monovalentes y bivalentes.
2. Incrementar el número de riegos, disminuyendo la duración de los mismos.
3. Implementar técnicas que permitan incrementar la humedad relativa para evitar en lo posible niveles inferiores al 60 %.
4. Más que incrementar el contenido de calcio que indudablemente debe ser elevado, incorporar nitrato de calcio en un riego crepuscular, de tal manera que la planta lo incorpore por gutación.
5. La pulverización foliar con productos de calcio aminados también podría disminuir la problemática.

Figura 12. Podredumbre apical (izda.) y golpe de sol (dcha.)

3.6.3.2. Golpe de sol

En la Figura 13 se observa una mancha blanca, producida por la evaporación excesiva y quemadura consecuente por elevación de temperaturas sobre la pared del fruto. Vulgarmente esta alteración se conoce con el nombre de «planchado». El incremento de la humedad relativa puede resolver el problema.

Figura 13. Aspecto del «planchado» del golpe de sol

3.6.3.3. Cracking

Se forman unas grietas longitudinales en la superficie del fruto. Los cambios repentinos en el índice de crecimiento de la fruta hacen que la piel no resista el empuje de la carne, produciéndose unas hendiduras verticales. Alteraciones bruscas en los índices de humedad relativa, así como de la conductividad eléctrica en la solución de riego, favorecen la situación. Una proporción descompensada a favor del numerador en la relación K^+/Ca^{2+}, también favorecen esta fisiopatía. Obsérvese en la Figura 14, las pequeñas «rajas», en la sección convexa del fruto que es la que se ve afectada por el crecimiento de la pulpa.

Figura 14. *Craking* en frutos con distintos niveles de maduración

3.6.3.4. Temperaturas insuficientes

Cuando durante el cuaje de la flor se dan temperaturas insuficientes se produce una falta de fecundación por baja riqueza del polen que da lugar a fenómenos de malformación en frutos, como puede ser la salida de protuberancias superiores en forma de oreja e incluso, pimientos partenocárpicos de escaso tamaño y sin valor comercial.

Figura 15. Malformación en el fruto

3.6.3.5. Cristales de oxalato cálcico

En el cultivo en sustratos, la absorción excesiva de calcio por los frutos produce precipitados de oxalato de calcio a lo largo de la epidermis, según se contempla en la Figura 16.

Figura 16. Daños en el fruto por precipitado de oxalato cálcico

3.6.3.6. Stip

Consiste en manchas cromáticas en la superficie del fruto, originadas normalmente por desequilibrios en la nutrición Ca/Mg. Es más frecuente cuando el cultivo se realiza en día corto.

3.6.3.7. Humedad relativa baja

Se observa el enrollado de las hojas del pimiento, evitando en lo posible una transpiración excesiva, debido a temperaturas elevadas; unido tanto a deficiente ventilación como al efecto negativo del acolchado de polietileno que favorece la baja humedad relativa.

Figura 17. Abarquillado de hojas por bajas humedades relativas

3.6.3.8. Color spot

En invernaderos sin ventilación cenital, con temperaturas altas hacia el final del cultivo se produce esta anomalía, debido a que se deposita el agua de evaporación del riego sobre la cutícula del fruto. Posteriormente la temperatura excesiva y la iluminación obran como «efecto de lupa».

Figura 18. Color *spot*

4. Propiedades nutritivas y compuestos bioactivos

Los pimientos dulces tienen un alto contenido en agua, son ricos en vitaminas A1, C, B1, B2 y P. Los pimientos de color rojo son ricos en vitamina A, mientras que en los verdes abunda la vitamina C. Su contenido en fibra es de un 20 a un 24 % de materia seca. Tambien, son ricos en hidratos de carbono.

Los pimientos picantes contienen capsicina, que es una sustancia de naturaleza alcaloide y que aparece en mayor cantidad cuando estas variedades se cultivan en zonas de altas temperaturas. Es un alimento antioxidante, diurético y depurativo y su consumo está recomendado en caso de hipertensión, gota y cálculos renales. Además, el pimiento favorece el desarrollo del feto en mujeres embarazadas por el contenido en ácido fólico y previene determinados tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares y degenerativas.

Tabla 5. Composición por 100 g de fruto

Proteína	1,4 g	Vitamina A	4450 UI
Hidratos de carbono	7,1 g	Tiamina	0,08 mg
Calcio	13 mg	Riboflavina	0,08 mg
Fósforo	30 mg	Niacina	0,5 mg
Hierro	0,6 mg	Ácido ascórbico	204 mg

Fuente: CIFA. Consejería Ganadería, Agricultura y Pesca de Cantabria.

Los pimientos picantes se usan en fresco, encurtidos, secos o como salsa industrializada.

Los pimientos dulces se utilizan en fresco como verdura, en ensaladas, encurtidos, asados, cocinados de diversas formas, pimientos rellenos de arroz, carne y otros, en pistos de verduras fritas, revuelto con huevos, en *esgarrats* de pimiento y bacalao, calderas de pescado con ñoras (pimiento de pimentón).

5. Economía del cultivo

5.1. En el mundo

Considerando la producción en fresco y en seco, según datos FAO (2013), en el mundo se cultivaron alrededor de 4.000.000 ha y se produjeron 34.600.000 t.

Los 25 principales países productores por superficie cultivada son los que figuran en la Tabla 6, incluyendo, como se ha dicho anteriormente, tanto las áreas de producción en fresco como en seco.

Respecto a cantidades, los 25 principales países productores son los que figuran en la Tabla 7, incluyendo tanto la producción en fresco como en seco.

En las Tablas 6 y 7 se puede observar el potencial productivo de España, que ocupando el vigésimo segundo puesto en superficie, asciende hasta el sexto puesto en producción.

Observando los Estados miembros de la Unión Europea, España se sitúa como el primer productor, siendo el segundo en cuanto a superficie cultivada.

Tabla 6. Principales países productores por superficie cultivada

N.º orden	Productor	Superficie (ha)
1	India	800.000
2	China, Continental	756.100
3	Etiopía	495.000
4	Indonesia	232.807
5	México	132.910
6	Myanmar	131.500
7	Turquía	108.866
8	Nigeria	100.000
9	Bangladesh	73.000
10	Tailandia	71.350
11	Rumania	71.140
12	Pakistán	65.000
13	Vietnam	64.000
14	Egipto	56.322
15	República de Corea	50.211
16	Nepal	32.680
17	México	32.500
18	Estados Unidos de América	28.814
19	Ghana	27.907
20	Túnez	26.099
21	República Popular Democrática de Corea	23.000
22	España	20.600
23	Serbia	18.871
24	Ucrania	17.400
25	Perú	17.300

Fuente: FAO (2013). Elaboración propia.

Tabla 7. Principales países productores

N.º orden	Productor	Producción (t)
1	China, Continental	16.123.000
2	México	2.354.400
3	Turquía	2.175.387
4	Indonesia	1.726.382
5	India	1.444.000
6	España	1.003.600
7	Estados Unidos de América	889.269
8	Egipto	722.483
9	Nigeria	570.000
10	Etiopía	500.000
11	Argelia	496.971
12	Países Bajos	325.000
13	República de Corea	298.885
14	Túnez	294.579
15	Rumania	275.415
16	Israel	244.049
17	Venezuela (República Bolivariana de)	232.302
18	Ghana	218.851
19	Italia	212.425
20	Marruecos	206.870
21	Grecia	206.410
22	Ucrania	194.100
23	Perú	177.000
24	Tailandia	174.000
25	Kazajstán	163.206

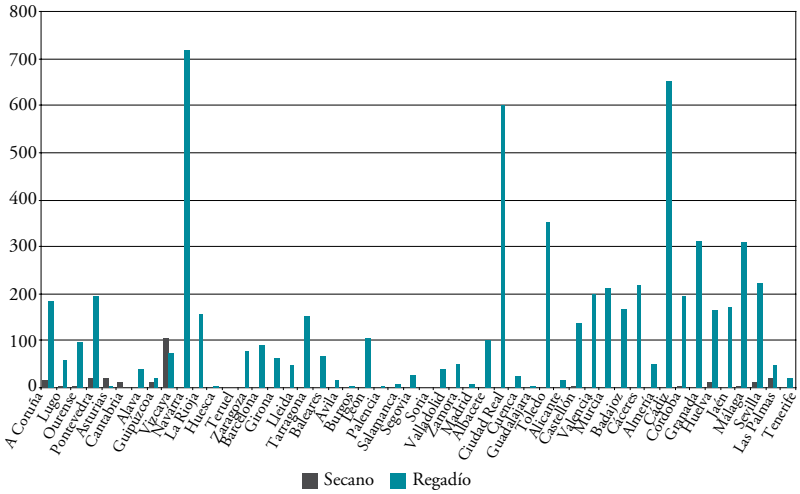
Fuente: FAO (2013). Elaboración propia.

5.2. En España

Según datos del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, en 2012 la mayor superficie cultivada de pimiento, tanto al aire libre como protegido correspondió a Almería con 7.388 ha.

Considerando únicamente la producción al aire libre, en España se cultivan 6.700 ha. Navarra con 718 ha ocupa el primer lugar, el segundo Cádiz con 650 ha, seguidos de Ciudad Real con 600 ha, esta con una gran diferencia sobre Toledo (352 ha) y Granada y Málaga que rondan las 300 ha cada una.

Gráfico 1. Superficie de pimiento al aire libre por provincias. En hectáreas

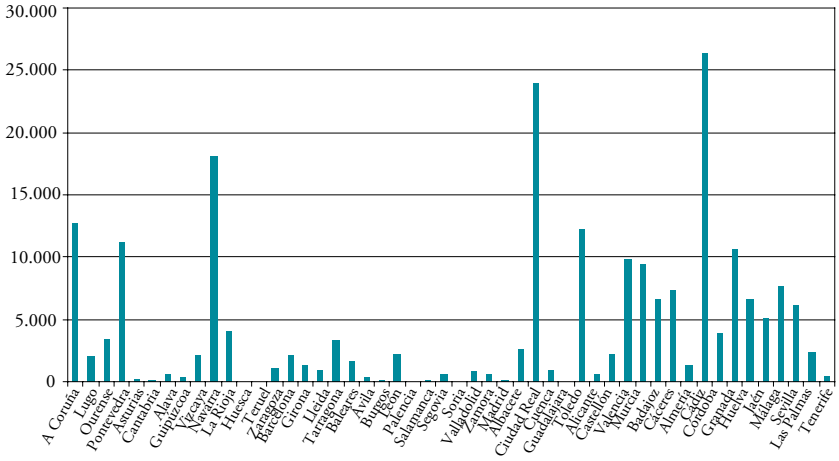


Fuente: Magrama (2012). Elaboración propia.

La superficie de cultivo se ha mantenido estable desde el año 2000 hasta 2006-2007, en los que los precios desfavorables de las últimas campañas de esa década tuvieron su repercusión en la misma, estando un 24 % por debajo del equilibrio anteriormente citado en el año 2012.

Esta superficie española al aire libre produce 216.765 t, repartidas en Cádiz (26.300 t), Ciudad Real (24.000 t), Navarra (18.046 t), A Coruña (12.701 t), Toledo (12.320 t) y Pontevedra (11.176 t) entre los principales productores. La aparición de las provincias Gallegas entre los primeros productores se debe a que obtienen unos rendimientos por hectárea muy por encima del resto.

Gráfico 2. Producción de pimiento al aire libre por provincias. En toneladas



Fuente: Magrama (2012). Elaboración propia.

5.3. Particularidades regionales

5.3.1. Navarra

Se cultiva gran variedad de tipos dependiendo de que el destino de la producción sea fresco (10 %) o industria (90 %).

Principales tipos cultivados:

- Pimiento del piquillo (Piquillo de Lodosa).
- Pico de Mendavia.
- Pimiento morrón.
- Subtipo tudelano.
- Subtipo calahorrano.
- Subtipo intermedio.
- California.
- Pimiento del cristal o italiano.

La superficie ha venido disminuyendo, aunque permanece estable en la última década debido al aumento de los tipos morrón y california (con carne más gruesa y destinados tanto a fresco como a industria), en detrimento de otros como piquillo.

Las plantaciones se realizan desde principios de mayo a principio de junio, recolectando entre finales de agosto a primeros de noviembre.

5.3.2. Castilla-La Mancha

Principalmente se cultiva en Ciudad Real y Toledo y, generalmente ligado a una estructura agraria familiar de pequeña superficie.

El material vegetal utilizado en mayoría era el cultivar autóctono 'Infantes', de tamaño grande, pared gruesa, dulce, muy heterogéneo y que los productores han ido mejorando. Por este motivo, y el empleo de cultivares híbridos, tanto de tipo lamuyo como california, aunque la superficie cultivada se ha mantenido estable, la producción ha aumentado considerablemente.

Hay variación del material vegetal y su forma de cultivo según las distintas zonas, así la producción en Albacete está distribuida por la Manchuela, donde se cultivan al aire libre, fundamentalmente el tipo infantes y por las comarcas de Hellín-Tobarra y Almansa, donde hay un repunte en su cultivo, predominando los tipos infantes y california.

En la provincia de Ciudad Real se ha cultivado, tradicionalmente y de forma mayoritaria, el pimiento tipo infantes con destino para su consumo en fresco aprovechando también salida a industria, actualmente se ha introducido otro tipo como es el california, cuyo destino es la industria. En cuanto a zonas de producción destacan: Tomelloso, Argamasilla de Alba, Manzanares, Alameda de Cervera, Cinco Casas y Los Llanos, con tipo california en su mayoría y destino industria. Villanueva de los Infantes, Almagro, Calzada de Calatrava, Torralba de Calatrava, Aldea del Rey, Valenzuela y Herencia, donde el material vegetal más implantado es el tipo infantes, también cultivares híbridos del tipo lamuyo y algunas selecciones locales al estar dirigida su producción hacia su consumo en fresco.

Toledo es otra provincia donde su cultivo ha estado muy arraigado en las vegas del río Tajo y sus afluentes, destacando zonas como Malpica de Tajo, Puebla de Montalbán, Añover de Tajo, Aranjuez, Magán y Camuñas, aunque hay otras pequeñas áreas en las que se cultiva esta especie. Generalmente, el destino de las producciones es mayoritariamente para industria aunque hay, lógicamente, una comercialización dirigida para fresco en mercados locales.

En la provincia de Cuenca, la comarca con más tradición es la de San Clemente en la que el material vegetal que se ha cultivado es de menor tamaño

que el tipo infantes pero de idéntica morfología, ampliando su presencia los de tipo lamuyo. En otras poblaciones como Villares del Saz y S. Lorenzo de la Parrilla hay superficies destinadas también para su consumo en fresco.

Por último, en la provincia de Guadalajara hay que reseñar que este cultivo está confinado en pequeñas áreas del río Henares como Yunquera de Henares y Heras de Ayuso; en la vega del río Tajuña, Aranzueque, donde los cultivares empleados son del tipo lamuyo con cultivares híbridos y del tipo dulce italiano para su comercialización como fresco en rojo y en verde, respectivamente.

5.3.3. Galicia

En Galicia, aproximadamente las tres cuartas partes del pimiento cultivado es de tipo padrón y el resto está formado por un crisol de localismos y una parte pequeña de lamuyo. De tradición familiar y pequeñas explotaciones, la producción es menor que el consumo regional, con una importación, sobre todo de Portugal para cubrir las necesidades.

El pimiento de padrón se cultiva en las comarcas de Padrón, Salnés y Rosal.

El tipo couto, mayoritariamente en Narón (Couto) con un porcentaje pequeño por el resto de Galicia.

El tipo arnoia en la comarca de Ribeiro en su totalidad. En esta comarca también se cultiva el tipo punxín.

En Verín se cultiva el 85 %, aproximadamente del tipo oimbra, el resto se hace por toda la comunidad.

Mayor dispersión tiene el tipo blanco rosal, con la mitad de su superficie en la comarca de Rosal y el resto distribuída por toda la geografía gallega.

En Ribadeo predomina el tipo piñeiro y en Lugo (comarca), mougán.

5.3.4. Otras comunidades autónomas

Andalucía. La mayor parte de la producción al aire libre se realiza en Cádiz en regadío y rendimientos de 40.000 $kg \cdot ha^{-1}$.

Aragón. El cultivo es similar al realizado en Navarra, con variedades autóctonas: morrón, piquillo y pico destinadas a conserva natural de pimiento asado entero o en tiras y california o lamuyo para congelados y mezclas de color.

Baleares. En Mallorca se ha cultivado tradicionalmente el conocido como 'Amarillo de Mallorca', con frutos de color amarillento, carnoso, superficie lisa terminado en punta y sabor dulce.

Canarias. Se distingue entre pimiento, que es el de frutos grandes carnosos, no picantes, generalmente de cultivo en invernadero y con destino a la exportación y pimienta a los de carne fina, generalmente cultivados al aire libre y destinados al consumo local. Su localización, por ser la primera entrada en el Viejo Mundo, hace que la biodiversidad en el cultivo del pimiento sea elevada, si bien se ha ido perdiendo superficie de «pimienta» a favor de la de «pimiento». La pimienta cultivada para la elaboración de mojos ocupa superficies de cierta consideración en las islas de La Palma y Tenerife.

Cantabria. 'Pimiento de Isla', cultivado en las Siete Villas de Trasmiera. Frutos de 12 x 10 cm, de carne gruesa con unos 8 mm y de 260 a 350 g.

Castilla y León. A lo largo de la cuenca del río Sil y sus afluentes, Cúa y Burbia, se cultiva el pimiento 'del Bierzo', que también cuenta con indicación geográfica protegida (Pimiento Asado del Bierzo).

Cataluña. En Tarragona se cultiva el pimiento 'Largo de Reus'. Frutos de 18-20 cm de largo, de carne compacta y dulce que se comercializa en rojo.

Extremadura. En la provincia de Cáceres, se encuentra el 'Pimiento de la Vera', con destino a la producción de pimentón. Con denominación de origen (Pimentón de la Vera).

La Rioja. 'Pimiento Najerano', con indicación geográfica protegida (Pimiento Riojano) comercializado para fresco o industria.

Murcia. Dos áreas de producción. El Campo de Cartagena con un cultivo al aire libre, destinado a consumo en fresco para complementar en verano la falta de pimiento verde (por el rápido viraje de color del cultivo en invernadero), con tipo california y lamuyo, principalmente. Y otra zona, principalmente en el valle del Guadalentín, con denominación de origen protegida (Pimentón de Murcia) de tipo bola.

País Vasco. Se encuentra la denominación de origen protegida «Pimiento de Gernika». Pimiento que ha seguido una cierta evolución, antiguamente se cosechaba en rojo y era conocido como 'Pimiento de Vizcaya', posteriormente se fue recolectando precozmente, en verde, que es el producto que se corresponde actualmente con la DOP.

Comunidad Valenciana. Existen varias zonas de producción en las que predominan los distintos tipos. El sur de la provincia de Alicante, con plantaciones de tipo lamuyo y california para complementar a la producción de invernadero; el tipo italiano más o menos repartido por toda la comunidad y como particularidad, tipo N según Pochard, fruto subesférico que se deja secar y se conoce como ñora, cultivado en Guardamar del Segura.

6. Retos y perspectivas

Varios horizontes se pueden plantear en el cultivo del pimiento.

Desde el punto de vista del cultivo, el desarrollo de técnicas culturales que aumenten la productividad, como la mejora en fertirrigación, cultivos semiforzados, etc., junto a la reducción de costes de producción, especialmente la mecanización del trasplante o de la recolección podrían ser el objetivo de cualquier agricultor.

Por otro lado las casas comerciales de semillas tienen el propósito de conseguir material vegetal con mejores resultados productivos, con la incorporación de resistencias/tolerancias a los nuevos problemas fitosanitarios surgidos, más apetecibles al consumidor por color, tamaño, forma, tanto mejorando lo existente o incluso, la aparición de nuevos tipos como *snack* o *sweet bite*, que atrajeran al consumo o con la potenciación de los compuestos beneficiosos para la salud, citados en el apartado correspondiente.

En cuanto al horizonte de mercado se está afianzando en el entorno europeo, pero se necesita una mayor presencia en tipos y consolidar la misma mediante la imagen de calidad. Bien sea por marcas de calidad reconocidas en la UE (IGP, DOP y otras) o por el conocimiento que se proyecte a los países importadores del cultivo español, en referencia a la baja cantidad de residuos de sustancias activas por el uso racional de fitosanitarios.

Teniendo en cuenta el cultivo al aire libre destinado para fresco y exportación (generalmente del tipo california), tanto Holanda como Egipto en su zona central podrían ser los mayores competidores del producto español por coincidir en la época estival de producción. Hace unos años, la superficie de Egipto en dicha zona creció muy rápidamente, implantándose bajo malla. Los problemas de cultivo, por su baja humedad relativa principalmente, hizo que esta superficie se estabilizara en unas 1.500 ha, además los últimos problemas políticos de la zona hacen que el peligro de su competencia haya mermado

mucho. Por otro lado, Holanda también está estabilizada o incluso reduciendo su producción (según años).

Todos estos condicionantes, unidos a la buena comunicación terrestre dentro de la UE, plantean un horizonte, más o menos estable, en las exportaciones a la misma.

Los tipos de pimiento que pudiéramos llamar locales, destinados al consumo en fresco o industria interior, también se encuentran muy asentados. Otra cuestión es la industria de exportación dedicada a la elaboración de pimiento congelado, en dados, tiras, etc., con la aparición de países económicamente en fuerte desarrollo en los que los costes de producción son bajos y el desarrollo de la industria está avanzando dinámicamente.

Referencias bibliográficas

Andrés Ares, J. L.; Fernández Paz, J.; Porto Vázquez, J. C.; Rivera Martínez, A.; Rodríguez Bao, J. R. y Terrén Poves, L. (2004): «Investigación y experimentación sobre pimientos autóctonos»; *Serie Manuales Prácticos* (14). Xunta de Galicia, Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Dirección de Estadística. Disponible en http://www.fao.org/statistics/es/.

Gutiérrez López, M. y Macua, J. I. (2007): «Horticultura industrial en el Valle del Ebro (I)»; *Revista Horticultura* (203).

Gutiérrez López, M. y Macua, J. I. (2008): «Horticultura industrial en el Valle del Ebro (II)»; *Revista Horticultura* (205).

Hernández Medina, M. (2007): «Caracterización preliminar de la colección de «*Capsicum sp*» del Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife»; *Trabajo Fin de Carrera*. Tenerife, Universidad La Laguna.

Magrama: *Anuario de Estadística.* Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/default.aspx.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura herbácea especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Nuez, F.; Gil Ortega, R. y Costa, J. (1996): *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Madrid, Mundi-Prensa.

Winsor; Geoffrey y Adams (1987): *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*, Vol. 3: *Glasshouse Crops*. London, H. M. Stationery Office, Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food, Agricultural Research Council.

Berenjena

Carlos Baixauli Soria
Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Introducción

La berenjena es originaria de las áreas de Asia tropical y subtropical. Fue cultivada por los antepasados en India, Birmania y China; el primero y el último considerados como 2 centros de origen, constatándose que en la India como en otras zonas del suroeste asiático su cultivo es muy antiguo (800 a. C.) (Maroto, 2002). Hay referencias en el siglo IX sobre diferentes tipos de berenjena producidos en Arabia. Sobre el año 1200 fue ya cultivada en Egipto, desde donde fue introducida en el interior de la península Ibérica y Turquía para, posteriormente, expandirse alrededor del Mediterráneo y el resto de Europa, entre los siglos XV y XVI. Inicialmente no estaba muy difundido su consumo debido a su sabor característico y a que se la confundió con la mandrágora (Maroto, 2002). Su nombre en castellano es berenjena, en inglés *aubergine*, procedente del árabe *albadinjan*.

2. Características botánicas

Pertenece a la familia de las solanaceas, *Solanum melongena* L. Es una planta plurianual, cultivada como anual. En climas favorables puede rebrotar y mantenerse más de un año, aunque en tal caso la producción es menor, sucediendo lo mismo con la calidad de los frutos. Posee un sistema radicular muy potente, desarrollado y profundo siendo una planta más leñosa que la de tomate. Tiene un crecimiento lento e indeterminado, pudiendo llegar la planta en condiciones de cultivo al aire libre a una altura de 2 a 2,5 m y en invernadero incluso a los 4 m. Su tallo es erecto o rígido, espinoso, ramificado y lignificado. Las hojas son de gran tamaño, con bordes lobulados de textura aterciopelada, vellosas (pubescentes) en el envés, en algunos cultivares presenta espinas en el nervio central de las hojas y en el cáliz de la flor, existiendo en el mercado variedades con menos o prácticamente sin espinosidad,

pues resultan incómodas para la manipulación de la planta y de los frutos. Las primeras flores aparecen cuando el tallo principal se bifurca (cruz de la planta), en las axilas de las hojas aparecen una flor principal acompañada de una o varias secundarias en forma de ramillete, en función del vigor y período vegetativo, aunque también es posible verlas en los entrenudos. Las flores son hermafroditas, con estambres amarillos y corola violeta más o menos intenso, incluso blanca en aquellas que dan frutos de color blanco. La flor principal da lugar a una berenjena de buen tamaño y las secundarias, o bien no cuajan o el desarrollo de esos frutos termina siendo menor, por esta razón, generalmente, es aconsejable eliminarlos.

El fruto es una baya carnosa de diversas formas (cilíndrica, ovoide, casi esférica) y colores (violeta, negro, morado, blanco, blanco jaspeado) según variedades. Las semillas son pequeñas, aplastadas y de color parduzco.

La berenjena es la solanácea más exigente en temperatura: la óptima nocturna es de 18 a 22 ºC y la diurna de 22 a 26 ºC. Su cero vegetativo se establece en 9-10 ºC, temperaturas por debajo de 11-12 ºC pueden provocar la caída de flores, deformidades y falta de color en el fruto. La planta se ve afectada por las heladas con temperatura inferior a 0 ºC. Algunos autores consideran que 35 ºC es la máxima letal, aunque hay otros que consideran 45 ºC como la máxima biológica; en cualquier caso estamos ante una planta que resiste muy bien las altas temperaturas.

Es amante de la luz, aunque un exceso, acompañado de altas temperaturas, puede producir planchado en los frutos. La semilla germina entre los 23 y 28 ºC, durante 7 a 10 días, con un valor mínimo de 18 ºC y máximo de 35 ºC. Su poder germinativo es de unos 4 a 6 años.

Se desarrolla bien con humedades relativas comprendidas entre el 65 al 80 %, siendo importante evitar valores elevados por su sensibilidad a enfermedades como botrytis. Cuando estas altas humedades relativas persisten en el tiempo pueden provocar amarilleamiento de la planta y falta de cuaje. Se considera una planta con alta demanda luminosa, es sensible al ahilado. Una baja intensidad lumínica puede provocar malformación de flores y hojas, por lo que hay que aplicar técnicas de cultivo adecuadas para evitarlo. La berenjena está considerada como una planta de día largo, su floración puede verse comprometida con una longitud de día inferior a las 12 horas.

3. Cultivo

3.1. Preparación del suelo

En cultivo al aire libre la plantación se puede mantener en campo durante unos 9 meses, por esa razón es importante elegir adecuadamente la parcela y realizar una buena preparación del suelo. Uno de los principales condicionantes es la presencia del hongo polífago vascular *Verticillium albo-atrum*, que puede ser limitante en el cultivo, aunque como posteriormente se indicará, existe la posibilidad de injertar la berenjena con distintos portainjertos, principalmente de tomate resistentes a este hongo. Por esa razón es aconsejable, en el diseño de la rotación de cultivo no repetir berenejena en un plazo de 10 años, a menos que se desinfecte la parcela o se recurra al empleo del injerto. También hay que considerar una buena nivelación del suelo para los casos de riego por inundación o por surcos, estar el terreno limpio de malas hierbas, de nematodos y de insectos perjudiciales, así como evitar la posible presencia de residuos de herbicidas.

Esta planta requiere de suelos ricos, profundos y bien drenados. Resiste los terrenos pesados mejor que el tomate y el pimiento y, también, se adapta mejor a un amplio rango de pH, de 5,5 a 8. Es medianamente tolerante a la salinidad y según cultivares, puede soportar niveles de salinidad de 2,5 a 4,5 dS/m.

Es aconsejable un pase de subsolador, seguido de pase de grada o fresadora y realizar la preparación del terreno y marcado para definir las hileras de plantación, que se pueden realizar en llano o haciendo unos pequeños surcos.

3.2. Material vegetal

Existen diversas clasificaciones de agrupación varietal siguiendo criterios botánicos y/o fitogeográficos (Maroto, 2002), pero desde el punto de vista agronómico, los cultivares suelen agruparse en función de algunas de las características morfológicas de sus frutos y de su ciclo o sistema productivo (sobre todo color y forma de los frutos y precocidad). Siguiendo este último criterio se distinguen los siguientes tipos o grupos de cultivares:

- *Tipo listada*: son frutos de longitud intermedia y coloración blanca y violácea. Las plantas son muy vigorosas y tardías en entrada en producción, aunque bastante productivas. Actualmente existe en el

mercado algún cultivar híbrido, como 'Bandera', 'Ángela' o 'Leire'. Se emplean normalmente para cultivo al aire libre. Tienen un peso medio de 250 a 300 g. Estos cultivares híbridos dan una mayor producción precoz que las selecciones de polinización abierta; estas últimas generalmente son más productivas, dando frutos de mejor calidad tanto por su aspecto como por sus características organolépticas, y las plantas al ser más vigorosas se comportan mejor frente a agentes tanto bióticos como abióticos.

Figura 1. Cultivar híbrido de berenjena del tipo listada

- *Tipo larga*: son generalmente de colores violeta oscuro, largos y de forma curva, se producen poco. Son las de menor peso medio, con frutos comprendidos entre 150 a 250 g. Dentro de este tipo podemos encontrar los cultivares 'Mirabelle', 'Helena', 'Mileda' y 'Viserba'.
- *Redonda*: el cultivar 'Bonica' es el representante de este grupo, son muy productivas y se adaptan a las condiciones de cultivo invernal por mejorar el cuajado y tener producciones precoces. Son de forma redondeada, y las que ofrecen un mayor peso medio, con piezas de 250 a 400 g e incluso llegando los primeros frutos a 1 kg de peso por unidad. Dentro de este tipo también encontramos los cultivares 'Rondona' y 'Black Beauty'.

- *Intermedia*: son frutos de longitud intermedia, generalmente de color negro brillante, son las que más se producen en este momento, con un buen desarrollo de nuevos cultivares híbridos, muy productivas y adaptadas tanto al cultivo al aire libre como bajo invernadero. Los cultivares más conocidos son 'Cava', 'Diva', 'Rima' y 'Paula'. En las últimas experiencias realizadas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta han destacado por su producción y calidad los cultivares: 'Cristal', 'Shakira' y 'Monarca'. Existen en el mercado también otros de color blanco como 'Clara' y 'Amarillo' que son más sensibles a la manipulación y transporte.

Figura 2. Berenjena negra del tipo intermedia

Figura 3. Berenjenas de diferentes tipos, formas y colores

En berenjena existen diferentes selecciones locales, entre las que merece destacar la berenjena de Almagro, que se cultiva en algunos pueblos de la comarca del Campo de Calatrava en el centro de la provincia de Ciudad Real y se comercializa en conserva. Los frutos se encurten con un aliño especial. Goza de una indicación geográfica protegida desde el año 1994, siendo la única selección de berenjena reconocida con este estatus en Europa. Sus frutos son de pequeño tamaño, oblongos y recubiertos por su cáliz. También se utiliza para fresco, recolectado con una longitud de 7 a 12 cm para mercado de productos «mini» vegetales (Prohens *et al.,* 2010).

La berenjena murciana tiene un fruto oval, color verde claro, con pocas semillas y cáliz que recubre buena parte del fruto. Mallorquina, que se cultiva en Mallorca y Cataluña, es de fruto alargado, color morado a negro. Listada de Gandía es muy producida en Valencia, con frutos de forma alargado-ovaladas, con piel listada morada y blanca, con presencia de espinas en el cáliz, carne blanca, de plantas muy vigorosas y adaptadas a situaciones extremas; dentro de este tipo existen diferentes selecciones como la de Foios, la de Xeraco, la de Pinedo o la de Xátiva. Hay otras listadas españolas como la de Castro del Río en Córdoba, de Barcelona y de Gavá en Barcelona, la de Villabertrán en Gerona y de Orihuela en Alicante (Muñoz-Falcón *et al.*, 2010).

3.3. Plantación

En la práctica se utilizan los semilleros que se realizan en instalaciones especializadas, empleando bandejas de poliestireno expandido con 54 a 110 alvéolos, dependiendo del tamaño de planta requerido, relleno a base de una mezcla de turbas, así como de fibra de coco. La temperatura óptima de germinación es de 22-25 ºC. El semillero tiene una duración de 1,5 a 2 meses, dependiendo de la época de trasplante y del tamaño de planta. Dicho trasplante se realiza cuando la planta tiene al menos dos hojas verdaderas bien formadas, momento en el cual el sistema radicular ocupa el volumen del sustrato. Las plantaciones al aire libre en el área mediterránea pueden realizarse a partir del mes de marzo, en zonas muy precoces, incluso en febrero. En zonas del interior o más frías de la península se realizan durante el mes de mayo y junio.

Como se ha indicado anteriormente, es una planta de clima cálido. Cualquier sistema que aumente la temperatura media, en general, beneficia su crecimiento y anticipa la recolección.

Los sistemas de semiforzado más utilizados son el acolchado plástico y el pequeño túnel, construido con polietileno transparente de 200 a 300 galgas. En las plantaciones más precoces, este semiforzado evita paradas vegetativas, dado que en dichas fechas la temperatura ambiente y de suelo no es suficiente para el correcto desarrollo de la berenjena. El microtúnel debe ir ventilándose progresivamente hasta eliminar el plástico por completo, cuando la planta esté suficientemente desarrollada. En los últimos años se está sustituyendo el polietileno transparente por el empleo de polipropileno no tejido de una densidad de 17 g/m^2. La instalación y manejo de este material resulta más fácil, obteniéndose condiciones climáticas similares, evitando con este último la entrada de plagas durante el período de duración del forzado y, por lo tanto, puede ser un buen sistema para reducir la posible contaminación de virosis transmitida por insectos. Para el acolchado se utiliza polietileno negro, o transparente de 0,015-0,025 mm de espesor y 60-100 cm de anchura. Se coloca directamente en las líneas de plantación sobre el suelo, bien tenso y enterrado por los bordes para que no se levante. El plástico negro impide la nascencia de malas hierbas en la superficie que cubre y el transparente permite un mayor calentamiento del suelo que se traduce en más precocidad del cultivo. En ambos casos, el plástico mantiene mejor la humedad del suelo y favorece el desarrollo. Se está imponiendo cada vez más el uso de plástico bio-

degradable para el acolchado. Aunque resulta más cara su adquisición, no hay que recogerlo ni que realizar vertido controlado al finalizar el cultivo.

Figura 4. Plantación sobre acolchado con polietileno negro

El microtúnel se constituye con arcos de alambre de 3-5 mm de diámetro separados a 1,5 m. Sobre ellos se extiende el material de protección de 1,3-1,5 m de anchura. Los bordes se entierran en el suelo quedando un túnel transparente sobre la hilera de plantas. Estos arcos son utilizados para la colocación de uno a dos hilos laterales para el entutorado de la planta.

Para plantaciones posteriores, mayo o junio, que son propias de zonas más frescas, en general es suficiente con un simple acolchado para el buen desarrollo de la planta, aunque un microtúnel con el efecto barrera que proporciona el polipropileno no tejido, como ya se ha indicado, resulta muy aconsejable frente a la llegada de atrópodos que pueden ser plaga e infectar a la planta de virus, especialmente durante el período postrasplante en el que se suelen producir máximo vuelos de áfidos.

El marco de plantación aconsejable puede ser de 1,2 m entre hileras y 0,75 m entre plantas, o bien para facilitar el paso de maquinaria o pequeños carros, especialmente en labores de recolección, de 1,5-1,8 m entre hileras y 0,5-0,6 m entre plantas, quedando una densidad de 1,1 plantas/m^2, aunque se puede modificar en función del vigor de la planta.

Generalmente la plantación se realiza a mano, enterrando el cepellón, para lo cual hay que perforar el plástico del microtúnel, siendo aconsejable echar un poco de tierra para evitar el contacto con el polietileno, especialmente en plantaciones más tardías para evitar el posible escaldado del cuello de la planta. Esta operación se puede realizar con lo que vulgarmente se conoce como «pico pato», que suele hacerla más rápida o incluso con máquinas plantadoras. En plantaciones de mayo y junio habría que considerar la posibilidad de utilizar un plástico de acolchado opaco de color blanco con el objeto de reducir la temperatura y evitar el escaldado del hipocotilo de las plantas.

Figura 5. Plantación de berenjena

3.4. Riego y fertilización

La berenjena está considerada como una planta con altas necesidades en nutrientes. Para una producción de 60 t/ha se estima una extracción de 3,5 a 5,2 kg/t de N, que equivale a 210-310 kg/ha, 1,5 a 2 kg/t de P_2O_5, equivalente a 90-120 kg/ha y 5,4 a 6,7 kg/t de K_2O que equivale a 320-400 kg/ha. Una posible recomendación de abonado puede ser:

Abonado de fondo:

- Estiércol..... 25-30 t/ha.

- Superfosfato de cal..... 800 kg/ha.
- Sulfato potásico..... 500 kg/ha.
- Sulfato de magnesio..... 200 kg/ha.

A los 10 días del trasplante:

- Nitrato amónico..... 200 kg/ha.

Al inicio de la recolección:

- Nitrato amónico..... 200 kg/ha.

El aporte de magnesio es recomendado cuando las aguas de riego son pobres en dicho elemento, dado que la berenjena es sensible a las carencias del mismo.

Se puede considerar como un cultivo con altas necesidades en agua de riego. Se recomienda aportar uno bueno en el momento de la plantación para facilitar el arraigue de las plantas, que puede repetirse a los 10 días coincidiendo con una posible replantación de marras. Posteriormente es aconsejable un riego mínimo hasta el cuaje de los primeros frutos, circunstacia que es muy importante tener en cuenta en el manejo de las selecciones locales como la Listada de Gandía, para favorecer el cuajado evitando un exceso de vigor de la planta. Una vez cuajado esos primeros frutos, que al aire libre coincide, generalmente, con los meses de mayo, junio y julio, con días largos y altas temperaturas, los requerimientos hídricos son muy altos. Carencias de agua durante el perído de fructificación producen en la planta mecanismos de defensa que conducen a una rápida maduración de las bayas, las cuales no alcanzan las dimensiones normales y adquieren características organolépticas poco deseadas, como estoposidad, sabor amargo y picante.

En ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta con sistema de riego localizado (por goteo) en el año 1996, los mejores resultados se obtuvieron con dosis de riego comprendidas entre 4.000 y 5.000 m^3/ha, que se correspondieron con el 100 y el 125 % de la Etc. La dosis de 3.000 m^3/ha que se correspondió con el 75 % de la Etc, comparativamente con las anteriores, afectó a la producción y el peso medio de los frutos, siendo de menor calibre especialmente en la selección de Listada de Gandía. Esas diferencias tan acusadas no se apreciaron en el cultivar 'Cava' de berenjena negra de longitud intermedia. En la experiencia realizada al año siguiente, la

dosis mínima fue de 1.750 m^3/ha y la máxima de 3.000 m^3/ha, los resultados fueron similares a los obtenidos en el estudio anterior, aunque en este caso no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas. Se debe indicar que en este segundo año la lluvia durante el cultivo fue de unos 320 mm y la anual de 500 mm. En ambos casos el cultivo se mantuvo hasta mediados de noviembre.

3.5. Poda y entutorado

La poda en cultivo al aire libre o bien no se realiza, dado que numerosas experiencias han demostrado que dicha práctica no mejora significativamente los resultados productivos y de calidad de frutos, o bien suele consistir en la eliminación de los brotes axilares en la base del tallo hasta el punto en que el se bifurca, que coincide con la aparición de las primeras flores. Otra posibilidad de poda, que cada vez está más en desuso, es la de recortar las plantas en momentos de bajada de precios por exceso de oferta, que suele coincidir en el mes de agosto, para con un rebrote posterior obtener mejor calidad a partir de septiembre, como estrategia y ajuste de un posible programa de producción.

La realización del entutorado se presenta como una práctica cultural frecuente. El objetivo principal es el de obtener producciones de mayor calidad; permite mejorar la eficacia de los tratamientos fitosanitarios, reducir la incidencia de las enfermedades criptogámicas debido a la mejor aireación entre plantas y también facilitar la recolección. Por tanto, resulta necesario en cuanto las plantas han alcanzado un cierto grado de desarrollo iniciar las tareas del entutorado. El momento para su realización suele coincidir con la eliminación de la cubierta del microtúnel. Consiste en la colocación de cuerdas o rafia horizontales, paralelas a ambos lados de la línea, que mantienen la vegetación sujeta y con puntos de unión entre ambas horizontales. Inicialmene se puede utilizar las varillas del microtúnel como soporte. A continuación, para evitar la rotura de ramas, como consecuencia del peso de los frutos, es conveniente proceder al entutorado mediante la colocación de dos filas de cañas, o cualquier otro tipo de estructura, situadas alrededor de cada línea de plantas. La colocación de las cañas se hace en forma de V invertida, ya que el peso de los frutos irá abriéndolas progresivamente. Para clavarlas con mayor facilidad, en riego por goteo, es importante dar antes un riego abundante. Por último, solo quedará la colocación de hilos longitudinales que ataremos a las cañas, en la medida que el cultivo los vaya necesitando. La distancia aproximada entre dos hilos de entutorado consecutivos es de unos 20 a 30 cm.

Figura 6. Entutorado de plantas de berenjena con hilos laterales atados a la varillla del microtúnel y a cañas dispuestas en V invertida

3.6. Recolección

Las berenjenas se cosechan en diferentes estados de desarrollo. Dependiendo del cultivar y de la temperatura. Del período de floración a cosecha suelen trascurrir de 30 a 40 días, y desde el transplante unos 100-125 días. El fruto de berenjena debe recolectarse antes de que las semillas empiecen a engrosar –ya que los frutos con semillas amargan el paladar o pican– no habiendo alcanzado la madurez fisiológica. En el momento adecuado para su recolección, el fruto presenta un aspecto brillante, color uniforme y la pulpa presenta un color blanquecino, un aspecto terso en toda la superficie, mientras que se produce un ligero reblandecimiento justo debajo del cáliz y poseen un tamaño aproximadamente comprendido entre los 2/3 y 3/4 de su desarrollo máximo. En los tipos semilarga, los primeros frutos pueden llegar a ser de un peso medio de 500 g y posteriormente en los cultivares comerciales se mantiene el peso medio de 250 a 300 g por fruto.

En la madurez fisiológica los frutos presentan una coloración cobriza, la piel aparece poco tersa, la pulpa adquiere una consistencia corchosa y las semillas ya parecen totalmente formadas.

Los rendimientos medios que se consiguen en cultivos al aire libre pueden ser de 35-45 t/ha, aunque se pueden alcanzar rendimientos de 100.000 kg/ha.

Normalmente el tiempo que media entre dos recogidas consecutivas es de 3 a 7 días, dependiendo de las condiciones ambientales.

Algunas normas básicas para la recolección son:

- Cortar el fruto por la mañana y, a ser posible, exento de humedad, respetando el plazo de seguridad de las materias activas empleadas.
- Emplear siempre tijeras de podar para no causar desgarros, dejando al menos un centímetro de pedúnculo.
- Cuidar la manipulación del fruto para que no sufra golpes, ya que los frutos de berenjena son muy sensibles a todo tipo de magulladuras. Por ello, deben colocarse directamente en la caja de campo, utilizando un separador entre capa y capa. En campo, en ocasiones, se recubren los frutos con una lámina de polietileno para evitar la posible deshidratación y blandeamiento de los frutos.

Normalmente el envasado se hace en caja o cajón de 10 kg, pudiendo conservarse durante un período aproximado de 10 días a una temperatura de 4-5 ºC.

Figura 7. Colocación de plástico para recubrir los frutos tras la recolección y evitar la deshidratación, reblandecimiento y pérdida de peso

3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías

Entre las plagas más importantes destacan la araña roja, la mosca blanca, el minador, el escarabajo de la patata y los pulgones. El cultivo de berenjena también puede sufrir ataque de orugas defoliadoras, gusanos grises y rosquilla negra. En el caso de *Heliothis* y *Spodoptera* se pueden controlar mediante la aplicación de *Bacillus thuringiensis* o con otros productos insecticidas específicos para su control. En el momento del trasplante también puede ser importante la incidencia de *Agriotes* que es un coleóptero conocido como «gusano del alambre», que se alimenta de raíces especialmente durante el trasplante, sobre todo en primaveras lluviosas. Otra plaga que puede afectar en el momento del trasplante es la mosca de los sembrados *Delia platura*, cuya oruga se alimenta de las raicillas, pudiendo generar problemas de marras de plantación. Una plaga que puede ser difícil de detectar es la que se conoce como araña blanca, *Poliphagotarsonemas latus*, que puede afectar al crecimiento de la planta y provoca la presencia de frutos con aspecto herrumboso. De reciente introducción se encuentra el microlepidóptero *Tuta absoluta* que, aunque es más importante en el cultivo de tomate, también afecta a la berenjena, provocando minas en las hojas e incluso afectando a algún fruto. Hay un buen control biológico de *Tuta* favoreciendo la presencia de míridos como *Nesidiocoris tenuis*, que también controla mosca blanca, aunque en caso de necesidad se pueden realizar tratamientos con *Bacillus thuringiensis*, azadiractina o spinosad.

Figura 8. Plantación de berenjena en la que se observan síntomas de *Verticillium*

En cuanto a enfermedades cabe destacar la «podredumbre gris», aunque es más propia de los cultivos bajo invernadero, siendo uno de los cultivos hortícolas más sensibles a esta enfermedad. También le puede afectar esclerotinia y otros hongos aéreos como el mildiu y la alternaria, que generalmente se pueden controlar con algún tratamiento a base de oxicloruro de cobre. Como enfermedad clave se puede considerar el hongo vascular *Verticillium dahliae*, que produce marchitez e incluso mortandad de plantas, no existen tratamientos eficaces contra este hongo, ni variedades de berenjena resistentes a la enfermedad. Por ello se aconseja, como se ha indicado anteriormente no repetir cultivo en el mismo suelo o bien recurrir a la desinfección del mismo con técnicas, productos capaces de erradicarlo o utilizar la técnica de injerto, principalmente sobre variedades de tomate resistentes a este hongo. Algunos de estos tomates también son tolerantes a los nematodos: *Heterodera* y *Meloidogyne*, aunque esa resistencia en verano es solo parcial, debido a la rotura de la misma como consecuencia de las altas temperaturas del suelo. En las experiencias desarrolladas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta se ha podido constatar el buen comportamiento de las plantas de berenjena injertadas sobre portainjertos interespecíficos (*L. esculentum* x *L.* hirsutum) de tomate como los cultivares: 'Emperador', 'Arnold' cruce de una variedad de tomate *L. esculentum* por *L. hirsutum* resistente a *Pyrenochaeta lycopersici, Didymela,* y tolerante a «colapso». Los portainjertos actuales llevan además los genes V_e, I, I_2 y Mi de resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* razas 0 y 1 y *Meloidogyne* (*incógnita*, *arenaria* y *javanica*). Cuando en campo hay problemas con cualquiera de estas enfermedades el portainjerto mejora las condiciones de cultivo, pero en aquellos suelos en los que no existen, el portainjerto de tomate no mejora el comportamiento productivo ni agronómico de la plantación de berejena, por lo que en estos casos es incluso desaconsejable su uso por el sobrecoste de la planta. Existen experiencias de utilización como portainjertos de otras especies, como *Solanum aethiopicum*, *Solanum torvum*, *Solanum sysimbriifolium*, etc., para prevenir ataques de nematodos, algunos hongos y determinadas bacterias (Maroto, 2002). Alguno de los tomates que se utilizan como portainjertos confieren un gran vigor a la berenjena, de manera que en su desarrollo provoca un miriñaque, que en algunos casos en la fase inicial ha dado lugar a rotura del injerto por el punto de unión.

En el cultivo de berenjena funcionan muy bien las estrategias de producción ecológica e integrada: los artrópodos auxiliares son muy numerosos y bastante eficaces en el control de plagas, por lo que resulta vital establecer

estrategias de conservación de fauna auxiliar, utilizando productos respetuosos como los aceites, azadiractin, *Bacillus thuringiensis* con sus diferentes razas en función del tipo de oruga, e incluso para el control de larvas de escarabajo de la patata.

Figura 9. Planta de berenjena injertada, detalle del miriñaque consecuencia del mayor vigor del portainjerto

Figura 10. Fruto afectado de podredumbre apical *blossom end root*

Figura 11. Berenjena injertada sobre *Solanum torvum* en donde se aprecia el rebrote del portainjerto

El virus del bronceado del tomate (TSWV) puede afectar a la berenjena, actuando como transmisor el trip *Frankliniella occidentalis.* También pueden afectarle otras virosis como el CMV, virus del mosaico del pepino, que trasmiten principalmente los pulgones y el TMV, virus del mosaico del tomate, trasmitido por pulgón, por semilla y por contacto.

Para el control de malas hierbas entre las estrategias hay que considerar el empleo de acolchado con polietileno opaco, acompañado de labores entre hileras con cultivador, cortantes, o bien cualquier otro apero. También se pueden utilizar herbicidas autorizados y selectivos en el cultivo de la berenjena como propaquizafop en posemergencia para control de gramíneas, fluazifop-p-butil y quizalofop-p-etil también en posemergencia de gramíneas anuales y vivaces en el segundo caso.

Entre las fisiopatías hay que destacar el *blossom end root* o podredumbre apical, que se manifiesta en condiciones de altas temperaturas y humedad relativa baja, siendo más acusado cuando se utiliza agua de riego con un cierto nivel de salinidad, deficiencia de riego o salinidad del suelo. La misma se

debe a una mala traslocación de calcio como consecuencia de esas condiciones de estrés. Principalmente en la zona estilar del fruto se aprecia un cierto reblandecimiento, que cuando se abre se puede apreciar una necrosis interna, haciendo inservible dichos frutos. Otra fisiopatía que se puede dar en condiciones de alta temperatura e insolación es el planchado de sus frutos, que se puede evitar en parte con una correcta orientación de las hileras, manejo del entutorado, buscando una menor exposición de los frutos al sol. Otras alteraciones importantes en el cultivo son los daños por pedrisco o por rozaduras en la piel debido al viento, que puede producir daños importantes. Existe una alteración que en nuestros trabajos tenemos denominado «acorchado» de los frutos, que parece estar relacionada con una cierta presencia de agrietado en los mismos, consecuencia posiblemente de un crecimiento irregular por fluctuaciones en la disponibilidad de agua de riego.

Figura 12. Fruto acorchado o con agrietado

Figura 13. Frutos afectados de golpe de sol o planchado y hojas agujereadas como consecuenca de un pedrisco

4. Composición

Incialmente como planta silvestre (*Solanum insanum*) no fue muy popular, por ser considerada como nutricionalmente de muy pobre valor, de la que se creía que poseía propiedades que causaban demencia, enfermedades de la piel y epilepsia. Fue introducida en la dieta humana durante el siglo XVII después de ser utilizada en medicina como compresa para tratar quemaduras, inflamaciones de la piel y porque se la consideró como afrodisíaca. En la India, las variedades blancas se recomiendan a los diabéticos. En Guinea, sus raíces se emplean para combatir el dolor de muelas. En el sur de Nigeria es considerada un símbolo de fertilidad, por lo que tiene gran aceptación entre las mujeres estériles.

Es una alimento pobre en calorías y muy ligero, bajo en hidratos de carbono, proteínas y contenido en sodio. Rico en fibra vegetal de fácil digestión, muy rico en zinc y potasio, vitaminas y pigmentos. Se considera laxativo, diurético, estimula la secreción biliar, facilita la digestión y reduce el índice de colesterol en la sangre.

Es una de las hortalizas con mayor actividad antioxidante, que se atribuye a su alto contenido de polifenoles y otros compuestos. También contiene vitamina C, aunque con niveles inferiores al de tomate o pimiento. En un es-

tudio realizado por un grupo de genética de la UPV determinaron que existen importantes diferencias para el contenido de antioxidantes, de forma que las variedades tradicionales, como media, presentan mayores contenidos que los híbridos comerciales (Prohens *et al.*, 2014).

La berenjena es utilizada habitualmente frita o al horno, en ocasiones se prepara rellena. Existen numerosas recetas de cocina para su preparación o acompañando otros platos como guarnición. En Italia es incluso utilizada para la preparación de ciertos postres.

El valor nutricional de 100 g de una porción comestible es el siguiente:

- Proteina: 1,2 g.
- grasas: 0,0-0,2 g.
- Carbohidratos: 3,1-5,6 g.
- Fibra: 0,9 g.
- Ceniza: 0,6 g.
- Calcio: 12-15 mg.
- Fósforo: 26-37 mg.
- Sodio: 2 mg.
- Hierro: 0,4-0,7 mg.
- Potasio: 214 mg.
- Vitamina A: 10-30 UI.
- Vitamina B1: 0,04-0,05 mg.
- Vitamina B2: 0,05 mg.
- Vitamina C: 5 mg.
- Kcal content: 25 cal.

5. Economía del cultivo

El 94 % de la berenjena producida mundialmente se cultiva en Asia. En todos los continentes se ha constatado un crecimiento importante, a excepción de Europa, en donde se observa un estancamiento o incluso una ligera reducción de su producción.

China es el principal productor mundial, representa casi el 60 % de la producción, manteniendo un crecimiento sostenido; le sigue India que representa un 27 %, con un crecimiento similar al del China, y en tercer lugar se encuentra Irán, seguido de Egipto y Turquía con una producción rondando el millón de toneladas.

En la Unión Europea Italia es el principal país productor, seguido muy de cerca de España con 220.000 y 206.000 t producidas respectivamente en 2013. En Italia se aprecia una reducción de la producción importante en los últimos 10 años, en cambio en España se observa un crecimiento de un 17 % en dicho período.

En España más de la mitad de la producción se destina a la exportación hacia el resto de países de la Unión Europea, principalmente a Francia y Alemania.

Algo más del 70 % de la producción se obtiene en los invernaderos de Almería, a la que se destinan 2.000 ha. En cultivo al aire libre se cultivan 1.300 ha, repartidas entre Andalucía, especialmente en las provincias de Cádiz, Córdoba y Jaén, en Cataluña y en la Comunidad Valenciana.

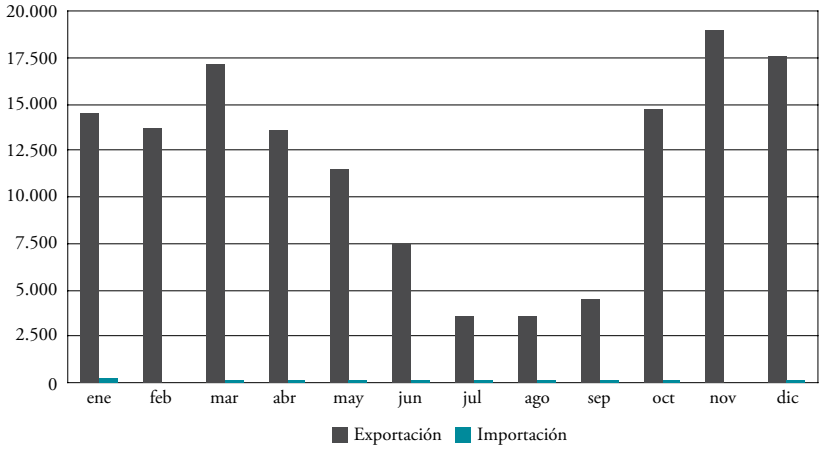
Tabla 1. Producción mundial de berenjena (2014). En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%) 2003-2013
América	173.181	176.976	189.962	193.879	177.617	255.531	47,55
Asia	27.246.750	29.555.221	35.086.892	40.321.911	42.940.993	46.614.794	71,08
Europa	933.608	870.094	860.403	965.486	911.749	847.333	-9,24
África	1.356.406	1.470.064	1.478.671	1.684.675	1.591.554	1.696.523	25,07
Oceanía	3.475	3.535	4.188	3.833	3.372	4.031	16,00
Mundo	29.713.420	32.075.890	37.620.116	43.169.784	45.625.285	49.418.212	66,32
País	**2003**	**2005**	**2007**	**2009**	**2011**	**2013**	**Variación (%)**
China	16.029.919	17.025.102	22.025.755	25.912.426	26.530.383	28.455.760	77,52
India	7.830.000	8.600.800	9.453.000	10.377.600	11.896.000	13.444.000	71,70
Irán	538.726	781.968	611.519	862.159	1.215.025	1.354.185	151,37
Egipto	1.026.353	1.155.920	1.160.621	1.290.190	1.166.430	1.194.115	16,35
Turquía	935.000	930.000	863.737	816.134	821.770	826.941	-11,56
España	175.629	163.783	179.826	207.269	215.769	206.300	17,46

Fuente: FAO.

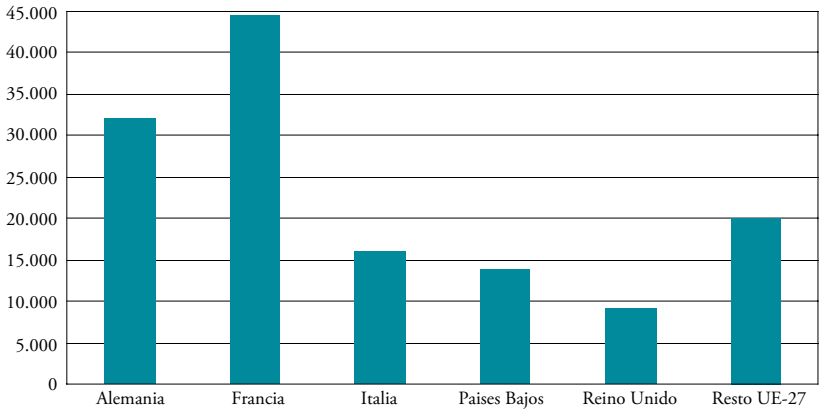
Tabla 2 y Gráfico 1. Producción de berenjena de España con la UE (2014). En toneladas

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
export.	14.455	13.656	17.081	13.606	11.543	7.498	3.596	3.533	4.505	14.710	18.962	17.552	140.697
Import.	190	54	73	102	72	96	167	61	67	78	46	74	1.080



Fuente: FEPEX.

Gráfico 2. Principales países de destino de la berenjena española en toneladas



Fuente: FEPEX.

Tabla 3. Superficie de berenjena cultivada en España. En miles de hectáreas

Año	Superficie
2003	3,9
2004	3,9
2005	3,7
2006	3,4
2007	3,6
2008	3,6
2009	3,7
2010	3,4
2011	3,7
2012	3,9
2013	3,7

Fuente: Magrama (2014).

Tabla 4. Producción y precio medio de la berenjena percibido por los agricultores

Año	Producción (miles toneladas)	Precio medio (euros/kg)
2003	175,6	0,54
2004	175,5	0,51
2005	163,8	0,71
2006	168,0	0,54
2007	179,8	0,55
2008	198,8	0,65
2009	207,3	0,50
2010	190,2	0,60
2011	215,8	0,52
2012	246,1	0,45
2013	206,3	0,61

Fuente: Magrama (2014).

6. Retos y perspectivas

Como se observa en el epígrafe anterior es un cultivo con un crecimiento moderado demostrando una cierta solidez, aunque la principal producción y exportación se desarrolla en cultivo bajo invernadero. Las variedades locales

como las selecciones de Listada del terreno, berenjena de Almagro, Murciana, etc. se producen principalmente al aire libre, en ellas se observa que su promoción y fomento, con la creación de «denominación de origen» o «indicación geográfica protegida» pueden ser buenas fórmulas que permitan la conservación de estas selecciones locales, que en su mayoría gozan de un buen vigor, que las hacen más resistentes a plagas y enfermedades, con buena adaptación a las distintas zonas, generando una cultura de consumo de berenjena en sus distintan modalidades.

La gran variabilidad de material vegetal, con frutos blancos, rojos, amarillos, de pequeño tamaño para su consumo como verduras mini, hacen de la berenjena un producto estupendo para su promoción, en lo que ahora se ha pasado a denominar «especialidades».

Gastronómicamente tiene unas grandes posibilidades, que en la medida que se den a conocer y se exploten pueden mejorar su consumo.

En algunos casos se ha estado analizando la posibilidad de utilización como producto de IV o V gama, estudiando fórmulas que ayuden a reducir la oxidación de los frutos, que se produce de forma rápida y supone un inconveniente, que podría ser resuelto con la introducción de nuevas variedades que reduzcan dicha oxidación o con métodos de conservación que lo hagan económicamente viable.

Referencias bibliográficas

Baixauli, C.; Giner, A.; Aguilar, J. M.; Nájera, I. y Núñez, A. (2014): «Posibilidad de utilización de portainjertos para el control de nematodos y enfermedades de tomate. Resultados de algunas experiencias»; *Agricola Vergel* (374); pp. 147-154.

Baixauli, C. (2001): *La Horticultura Española*. Ed. SECH. Coordinada por Nuez, F. y Llacer, G.; pp. 106-110.

Baixauli, C. (1997): «Cultivo de la berenjena»; *Ensayo experimental de variedades (I y II)* (9 y 10). Comunidad Valenciana Agraria, Conselleria de Agricultura Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana; pp. 12-17 y pp. 11-19.

Giner, A.; Aguilar, J. M.; Núñez, A.; Baixauli, C. y Nájera, I. (2014): «Estudio de nuevos cvs de berenjena negra y lisada de longitud intermedia»; *Agrícola Vergel* (377); pp. 268-271.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa, 5.ª edición.

Muñoz-Falcón, J. E.; Prohens, J.; Vilanova, S. y Nuez, F. (2010): «Morphological and molecular characterization for the conservation and protection of *Listada de Gandía* eggplant»; en Prohens, J. y Rodríguez-Burruezo, A., eds: *Advances in genetics and breeding of capsicum and eggplant*. Universidad Politécnica de Valencia; pp. 59-65.

Prohens, J.; San José, R.; Sánchez-Mata, M. C. y Cámara, M. (2014): «Efecto del tipo varietal y ambiente de cultivo en el contenido de antioxidantes en berenjena»; *Actas de Horticultura* (65). XIII Jornadas del grupo de horticultura y I jornadas del grupo de alimentación y salud; pp. 65-70.

Prohens, J.; Muñoz-Falcón, J. E.; Blasco, M.; Ribas, F.; Castro, A. y Nuez, F. (2010): «New uses for an old landrace: potential for the fresh market of the pickling «Almagro» eggplant»; en Prohens, J. y Rodríguez-Burruezo, A., eds: *Advances in genetics and breeding of capsicum and eggplant*. Universidad Politécnica de Valencia; pp. 511.

Prohens, J. y Nuez, F. (2001): «Variedades tradicionales de berenjena en España»; *Vida Rural* (junio); pp. 46-50.

Páginas webs

www.fepex.es.

www.magrama.gob.es.

www.faostat.fao.org.

Sandía

Carlos Baixauli Soria
Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Introducción

Se considera que el origen de la sandía procede de África tropical y subtropical, se expandió por el norte de África y el Próximo Oriente sobre el IV milenio a. C. En Asia parece ser que pudo existir un centro de origen y/o de diversificación de la sandía o de plantas taxonómicamente cercanas (Maroto, 2002). Se conoce su cultivo desde hace 5.000 años en Egipto, cultivada por su sabor y belleza. Los exploradores la utilizaban en sus travesías por el desierto como fuente de hidratación. Desde Egipto se difundieron las semillas de sandía en las rutas del Mediterráneo, introduciéndola en Italia y Grecia. Se extendió también hacia la India. Al parecer, en China fue introducida en el siglo X como un nuevo cultivo. En el siglo XIII se extendió su consumo al resto de Europa. En EEUU se introdujo con el comercio de esclavos procedentes de África.

2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)

Pertenece a la familia de las *Cucurbitaceae*, recibe distintos nombres científicos como *Citrullus lanatus* (Thunb.), *Citrullus vulgaris* Schrad, aunque las variedades cultivadas actualmente están consideradas dentro del taxón *Citrullus lanatus* var. *lanatus*.

Es una planta anual, con sistema radicular profundo de su raíz principal manteniendo una distribución superficial en el resto. Los tallos están recubiertos de pelos y provistos de zarcillos, se extiende rastreramente por el suelo, pudiendo desarrollarse más de 3 m respecto la base de la planta. Las hojas muy características son pinnado partidas, divididas en 3 a 5 lóbulos, de apariencia redondeada. El haz es liso y de tacto suave, mientras que el envés es de aspecto áspero y con pilosidades.

Es una planta monoica; las flores solitarias surgen de las axilas de las hojas, generalmente las primeras que aparecen son las masculinas de color amarillo; las femeninas tienen corola amarilla, ovario ínfero y son de polinización entomófila. Para obtener una buena polinización y un buen desarrollo de sus frutos se requiere entre 500 a 1.000 granos de polen por cada flor femenina; para ello se requiere de una abeja por cada 100 flores y unas 10 visitas por cada flor femenina (Maynard, 1989 y Collison, 1989, citados por Maroto, 2002). El fruto es una baya globulosa de tamaño variable, con pulpa generalmente rosada o rojo oscuro, aunque existen cultivares con pulpa de color amarillo y naranja. Las semillas aplastadas y redondeadas aparecen insertas en la pulpa, generalmente de color marrón oscuro. Puede haber entre 8 a 15 semillas por gramo, con un poder germinativo de 5 años. Se recomienda su conservación a una humedad baja (7 %) y una temperatura entre 3 y 8 ºC.

La sandía es una planta muy sensible a las bajas temperaturas, el cero vegetativo se sitúa en 13 ºC. Con registros de 0 ºC bajo un sistema de semiprotección a base de cubierta flotante con polipropileno no tejido, en nuestras plantaciones, se ha llegado a producir muerte de plantas. Su óptimo térmico es de 25 ºC, siendo el intervalo óptimo para el crecimiento de entre 21 y 30 ºC. Para que se produzca la floración requiere temperaturas de 18 a 25 ºC. Marcas más bajas en el momento de la polinización y cuajado de los frutos pueden ocasionar frutos deformes y ahuecado interno de la pulpa. La temperatura mínima y máxima para su desarrollo vegetativo es de 18 y 35 ºC, respectivamente. Para germinar su semilla necesita un mínimo de 15 ºC y la óptima se sitúa entre 21 y 35 ºC; las temperaturas más altas se utilizan para germinar las semillas de los cultivares triploides que tienen tegumentos más duros y gruesos, acompañado de laceración física o química de estos. Especialmente en cultivo al aire libre, las altas temperaturas acompañadas de condiciones de alta radiación, si los frutos no quedan bien cubiertos por su propia vegetación, pueden producir «planchados» o decoloraciones que deprecian comercialmente los frutos. En zonas del interior, como La Mancha, en las que se alcanzan temperaturas muy altas durante el día se ha llegado a producir descomposición de la carne como consecuencia del calentamiento interno del fruto.

Tiene mayores exigencias higrométricas que el cultivo de melón, el intervalo óptimo está entre el 60 y el 80 % de humedad relativa. Son críticos valores muy altos de humedad relativa durante el período de polinización, debido al posible apelmazamiento del polen; en esos casos, si va acompañado de lluvias frecuentes, reduce considerablemente el vuelo de abejas. Estas con-

diciones climáticas se han producido en alguna campaña, en cultivo al aire libre, en el momento de la polinización provocando considerables problemas de ahuecado de la pulpa y falta de cuaje.

Como se ha indicado anteriormente la sandía necesita polinización entomófila, la presencia de polen en el estigma es el encargado de estimular el crecimiento del fruto, constatándose una correlación entre la germinación de los tubos polínicos y el tamaño del fruto. En el caso de los cultivares triploides (sin pepitas) el polen de sus flores no es viable, por esa razón se requiere de plantas polinizadoras, para ello se recurre a cualquier variedad de sandía diploide en un porcentaje y disposición adecuada para garantizar el cuaje de los frutos.

3. Cultivo

3.1. Plantación

Predomina la planta injertada sobre pies de calabaza (*C. híbrida* x *C. moschata*), que confieren un mayor vigor, y eso ha provocado que se reduzcan las densidades de plantación. Cuando se realizan plantaciones precoces (entre los meses de febrero a abril) las condiciones de crecimiento de dichas plantas se caracterizan por días cortos y bajas temperaturas, que inducen un crecimiento más lento, por lo que la tendencia es a mantener densidades de plantación con marcos de 3 m entre hileras y 1 m entre plantas. En las plantaciones tardías (mayo y junio) las plantas crecen en mejores condiciones climáticas, generalmente con un mayor desarrollo vegetativo, por lo que se recurre a densidades menores, pudiendo llegar incluso a distancias de 4 m entre hileras y 1,5 m entre plantas. En el primer caso, el cultivo suele tener una duración de unos 120 días y en el segundo de 90. La fertilidad del suelo, disponibilidad de agua y el vigor de los cultivares utilizados, influyen sobre la elección del marco de plantación; un ejemplo es el uso de cultivares de calibre mini, que al ser menos vigorosos, generalmente requieren de densidades más altas. El diseño de las plantaciones considera el mantenimiento de pasillos o calles, cada 3 hileras para en el momento de la recolección poder entrar con tractores, estableciendo una pequeña cadena de 3 a 4 operarios para llenar los *palets-box* de entre 200 a 300 kg de capacidad, que previamente se distribuyen en el campo o se mantienen sobre la plataforma del tractor. Estos pasillos se pueden utilizar también para realizar tratamientos fitosanitarios con una barra de pulverizar.

Tabla 1. Número de plantas por hectárea en función del marco de plantación

		Distancia entre líneas (m)			
		2,0	**2,5**	**3,0**	**3,5**
Distancia entre plantas (m)	0,7	7.143	5.714	4.762	4.082
	0,8	6.250	5.000	4.167	3.571
	0,9	5.556	4.444	3.704	3.175
	1,0	5.000	4.000	3.333	2.857
	1,1	4.545	3.636	3.030	2.597
	1,2	4.167	3.333	2.778	2.381

Sandía mini Planta sin injertar Planta injertada

En la preparación del campo se pueden mecanizar las labores de reparto de laterales de riego y colocación de acolchado, con máquinas que, al tiempo que conforman el surco, realizan estas labores de manera simultánea. Existen también máquinas que permiten un apoyo para la construcción del microtúnel con la colocación de varillas y del material de cubierta.

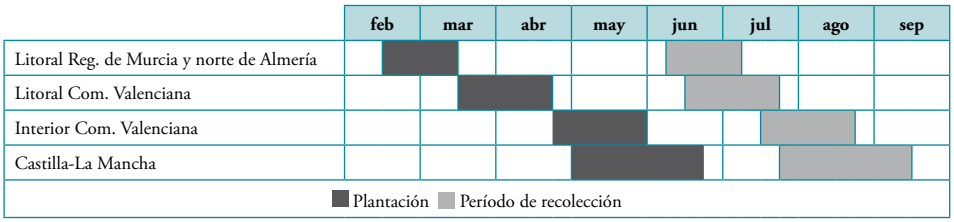
Antiguamente, en las plantaciones más precoces (marzo y abril), tras el primer corte, se dejaba que las plantas rebrotasen, con lo que se conseguía una nueva cosecha en agosto e incluso principios de septiembre. Debido a la mayor intensificación del cultivo, y a una mayor incidencia de enfermedades como el oídio y virosis, para desarrollar un programa de producción amplio hay que plantease plantaciones sucesivas al estilo de lo indicado en la Tabla 2, con un diseño en el que se tiende a agrupar las recolecciones, efectuándolas en dos o un máximo de tres pasadas, con períodos de recolección de 2 a 3 semanas, escalonando los trasplantes, hasta llegar incluso a realizar plantaciones más tardías en zonas frescas durante el mes de junio, para asegurar recolecciones en agosto y septiembre.

La plantación se realiza, cuando es en surcos, en el lateral mejor orientado (S-SE), a la altura que normalmente alcanza el agua de riego. Si la plantación es en caballón de poca altura, se planta en la cresta. Tanto si es en surco, en caballón o en llano, al plantar se entierra el cepellón, dejando las hojas cotiledonares o el injerto al descubierto. El agua de riego debe humedecer el cepellón sin llegar a cubrir la totalidad de la planta.

Cuando la plantación se realiza sobre un acolchado plástico hay que tener cuidado de que el cepellón quede bien cubierto con tierra, aportando un poco encima del hueco si es necesario una vez colocada la planta, ya que si no, cuando se alcanzan altas temperaturas en el momento del trasplante se da un

sobrecalentamiento del plástico que puede producir un escaldado en el cuello de la planta (hipocotilo). Las marras de plantación en estos casos pueden llegar a ser importantes. Cuando se utiliza planta injertada, el enterramiento del cepellón debe garantizar la separación del tallo de la variedad del suelo para evitar un posible franqueo (enraizamiento de la variedad) especialmente cuando se utiliza el método de injerto por aproximación.

Tabla 2. Calendario de producción de sandía al aire libre



Aunque las plantaciones al aire libre cuentan generalmente con una población de abejas solitarias suficiente para asegurar una correcta polinización, es conveniente ubicar 2 colmenas/ha en el tiempo de la floración y no realizar tratamientos fitosanitarios durante ese período. Como se ha indicado anteriormente, en primaveras frías, lluviosas o con períodos prolongados de fuertes vientos, las abejas no cumplen su cometido adecuadamente y puede suceder en estas condiciones, un cuaje deficiente o que dé lugar a la presencia de frutos ahuecados debido a esa falta de polinización.

3.2. Sistemas de semiforzado

Como se ha indicado anteriormente, la sandía es una planta muy sensible a las bajas temperaturas, por lo que en las plantaciones más precoces se recurre a la utilización de sistemas de semiforzado para evitar posibles daños por bajas temperaturas, vientos fuertes o incluso algún posible siniestro debido a pedrisco durante los primeros meses de cultivo. El sistema de semiforzado que ha venido utilizándose mayoritariamente ha sido el de microtúnel con polietileno transparente, acompañado de manera simultánea de acolchado con plástico negro o incluso en plantaciones más precoces (febrero y primeros de marzo) acolchado con polietileno transparente, para garantizar una temperatura suficiente del suelo para el buen crecimiento de la planta. Este sistema de semiforzado se ha ido sustituyendo paulatinamente por la utilización de la

técnica de cubierta flotante a base de polipropileno no tejido, generalmente de una densidad de 17 g/m^2, que permite una protección climática similar a la del microtúnel, reduce la incidencia de insectos vectores de virosis por efecto barrera mientras el material cubre la planta existiendo la posibilidad de provocar una retirada, más o menos programada, que permita un cuaje más uniforme de sus frutos, haciendo coincidir la presencia de flores pistiladas, con buenas condiciones climáticas para favorecer su polinización. El acolchado cuando es un plástico opaco evita la emergencia de malas hierbas, al tiempo que permite un ahorro de agua.

Figura 1. Acolchado con polietileno negro

En plantaciones tardías (mayo, junio) se ha constatado que un semiforzado con la técnica de cubierta flotante puede ser muy útil, al establecerse una barrera física frente a la llegada de insectos transmisores de virus (pulgones y moscas blancas), por lo que cada vez más se está aconsejando la implantación de estos semiforzados en cualquiera de las fechas de trasplante.

Para realizar el acolchado se utiliza generalmente polietileno negro, como ya se ha indicado, o transparente de 0,015-0,025 mm de espesor y 60-100 cm

de anchura. Se coloca directamente en las líneas de plantación sobre el suelo, bien tenso y enterrado por los bordes para que no se levante. El plástico negro impide la nascencia de malas hierbas en la superficie que cubre y el transparente permite un mayor calentamiento del suelo, que se traduce en más precocidad del cultivo. En ambos casos, el plástico mantiene mejor la humedad del suelo y favorece el desarrollo de la sandía. Se está imponiendo cada vez más el uso de plástico biodegradable como acolchado. Aunque es más caro, al finalizar el cultivo no hay que recogerlo ni gestionar su vertido, y el cultivo de sandía desarrollado con estos plásticos biodegradables tienen una respuesta productiva y agronómica similar a la del polietileno (Giner *et al.,* 2012).

El microtúnel se construye con arcos de alambre de 3-5 mm de diámetro separados entre 1,5 a 3 m. Sobre ellos se extiende una lámina de plástico de 1,3-1,5 m de anchura y 300 galgas (0,075 mm) de espesor. También se puede usar polipropileno no tejido de la densidad indicada anteriormente. Los bordes se entierran en el suelo quedando un túnel sobre la hilera de plantas.

El túnel, cuando se construye con polietileno transparente, a medida que las plantas crecen y el tiempo va siendo más cálido, se ventila haciendo agujeros en el plástico cada vez mayores, hasta que las plantas ocupen por completo el espacio interior y se retire definitivamente. La apertura progresiva del túnel es un proceso que requiere un conocimiento preciso de la planta y acierto en la previsión del tiempo: si se abre demasiado pronto, la planta se paraliza o puede sufrir daños por frío, y si se tarda demasiado, le puede perjudicar el exceso de temperatura. Cuando la plantación es tardía, en tiempo demasiado cálido, desde el principio se perfora el plástico para proporcionar una cierta ventilación y evitar un exceso de temperatura que sería nefasto con la plantación no enraizada en el suelo. Cuando el material de cobertura es polipropileno, no requiere de ese mantenimiento específico y se debe retirar con la aparición de las primeras flores pistiladas, coincidiendo con buenas condiciones climáticas que favorezcan la polinización.

Es muy frecuente y aconsejable, casi general, asociar el túnel pequeño con el acolchado con polietileno negro. En este caso aún es más importante evitar un exceso de temperatura en los primeros momentos después de la plantación, puesto que la humedad relativa en el interior del túnel, al impedir el acolchado la evaporación del agua del suelo, es menor que si el terreno estuviera desnudo. La deshidratación de las plantas recién instaladas es más rápida y enérgica cuando la humedad relativa es baja y la temperatura muy alta.

Figura 2. Apertura de microtúnel con polietileno trasparente

La técnica de cubierta flotante consiste en colocar una lámina directamente sobre las plantas. Se utilizan normalmente láminas de polipropileno no tejido de 1,5-2 m de anchura, generalmente de una densidad de 17 g/m^2, pero pueden emplearse otros materiales, como polietileno perforado con 500-1.000 agujeros/m^2. Estos materiales ofrecen una protección térmica similar a la que proporciona el túnel pequeño de polietileno, con la ventaja de que tanto el polipropileno no tejido como el polietileno perforado, permiten una cierta ventilación a su través, lo que hace que las temperaturas que se alcanzan en su interior no sean tan elevadas. Puede conservarse la cubierta durante un largo período de tiempo sin necesidad de perforarla; las plantas la van levantando a medida que van creciendo.

La utilización de la cubierta flotante con el polipropileno no tejido de 17 g/m^2 asociado con el acolchado utilizando polietileno negro se ha implantado, de manera generalizada, en las plantaciones al aire libre, incluso en plantaciones tardías, dada la ventaja que aporta al ejercer como barrera antiinsectos. Hemos desarrollado experiencias en las que hemos podido constatar una reducción significativa de la incidencia de virosis transmitida por pulgones (Giner e*t al.,* 2012).

Figura 3. Cubierta flotante con planta a punto de polinizarse

El polipropileno no tejido dejado caer sobre la planta presenta como inconveniente, con días ventosos tras el trasplante, el efecto de roce sobre la planta que provoca, en algunos casos, marras de plantación importantes. Otro posible inconveniente es el de la emergencia de malas hierbas en el tramo que separa el final del acolchado con el de sujeción de la cubierta flotante, que obliga a realizar aplicaciones localizadas con un herbicida de contacto o escardas manuales. Por esa razón, algunos agricultores han optado por recurrir a la construcción del microtúnel utilizando este material.

Una práctica cultural importante durante este período es el de eliminar los brotes del portainjerto (calabaza), que al ser más vigoroso provoca un menor desarrollo de la variedad cultivada en caso de rebrote. Las nuevas técnicas de injerto y la utilización de un cicatrizante sobre el corte realizado por encima del cotiledón de la calabaza reduce notablemente su brotación. En cultivo al aire libre no se suelen realizar podas, únicamente se eliminan frutos deformados o aislados procedentes de un cuaje prematuro. Se pueden apartar brotes con el objeto de preparar pasillos y así facilitar el paso de maquinaria para realizar tratamientos o recolección.

Cuando se utiliza el riego por surcos es importante realizar la labor de embancado, que tiene como finalidad separar el surco de riego de la hilera de plantas, para que los frutos no permanezcan en contacto con el suelo húmedo.

Figura 4. Eliminación del polipropileno no tejido con desarrollo suficiente de la planta en la modalidad de microtúnel

3.3. Riego y fertilización

Prefiere suelos de textura media o limoarenosa, profundos y bien drenados. La planta tolera la acidez del suelo, crece bien con suelos de pH comprendido entre 5 y 6,8, aunque funciona bien con suelos ligeramente alcalinos. Es considerada como una hortaliza de tolerancia intermedia a la salinidad. Las extracciones de un cultivo de sandía para una producción de unas 50 t/ha, en kilos de fertilizante por tonelada de cosecha son de 2,2-2,6 kg/t de N, 1-1,3 kg/t de P_2O_5 y de 2,8-3,7 kg/t de K_2O, 3,5-4,7 kg/t CaO y 0,6-1 kg/t MgO, por lo que las necesidades en un cultivo al aire libre se estiman entre 140-170 kg/ha de N/ha, 60-70 kg/ha de P_2O_5 y 180-220 kg/ha de K_2O (Pomares *et al.*, 2002, 2010).

La planta puede cultivarse en secano, pero se consiguen los mejores rendimientos en regadío. En los numerosos ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta se han conseguido buenos resultados de producción y calidad con dosis de riego comprendidas entre 2.000 y 2.700 m^3/ha (Pomares *et al.*, 2002). Cuando los resultados se expresan en términos de eficiencia de riego, en general con sandía injertada se obtuvieron valores mejores que con la sandía sin injertar. Con la injertada los mejores resultados se alcanzaron con la dosis de 100 % de ETc y en sandía sin injertar

con las dosis de 75 y 100 % de ETc (Pomares *et al.*, 1999). Durante las primeras fases del cultivo las necesidades de riego son bajas, la mayor demanda se produce durante la fase de crecimiento de los frutos, en la que es aconsejable un sistema de riego por goteo con frecuencia diaria. Previo a la recolección también es recomendable restringir o eliminar los riegos unos días antes de la misma. En esa última fase de crecimiento de los frutos, la sandía es muy sensible a la fluctuación del riego pudiéndose producir agrietamiento o *cracking* si el manejo no es el adecuado. El sistema de riego tiene una influencia considerable en el rendimiento de la sandía, según se ha puesto de manifiesto en diferentes enayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Pomares *et al.,* 1997) en los que se obtuvieron en general, mayores rendimientos con el sistema de riego por goteo que con el de inundación.

3.4. Recolección

La recolección en la sandía suele comenzar a los 80-100 días desde la plantación, dependiendo de cultivares, fecha de plantación, climatología, etc. Entre la fecundación y la recolección transcurre un período de 35-40 días en sandía sin injertar y una semana más en injertada. La determinación del momento óptimo de recolección tiene mucha importancia, puesto que el contenido en azúcares no aumenta después de haber sido cortado el fruto, por lo que debe recolectarse completamente maduro.

Normalmente la recolección la efectúa personal especializado.

Los síntomas aparentes de madurez del fruto son:

- Desecación del zarcillo que acompaña al fruto.
- Desaparición de la capa cerosa del fruto.
- Reducción en el número de pelos del pedúnculo del fruto.
- Aparición de color amarillo en la parte inferior del fruto, la que está en contacto con el suelo.
- La piel se desprende fácilmente con la uña.
- Al golpear el fruto con el dedo se oye un sonido apagado.

A veces, después de la recolección, si la plantación está en perfecto estado sanitario se produce un rebrote y posterior cuaje que da lugar a una recolec-

ción más tardía, aunque como se ha indicado anteriormente esta práctica es cada vez es menos habitual.

Figura 5. Recolección de sandía

Figura 6. Carga de los frutos en *palet-box*

3.5. Cultivo de sandía sin semillas

La sandía sin semillas se produce con plantas de cultivares triploides. Estas tienen flores aparentemente normales, masculinas y femeninas. Cuando el ovario se desarrolla después de la fecundación da un fruto de aspecto normal pero cuyas semillas están constituidas por un tegumento parcialmente desarrollado, blanco y blando, sin embrión en su interior, que casi se confunde con la pulpa.

Aunque se conocen desde 1940, las sandías sin semillas en España han empezado a cultivarse, en cantidad apreciable, a principios de los años 90. Desde mediados de 1960 su producción ha ido aumentando.

Los cultivares triploides, aunque sus flores masculinas son de apariencia normal, no tienen polen viable. Con plantas exclusivamente triploides, pese a que haya abundancia de abejas, no llega a cuajar apenas ningún fruto. Para que haya fecundación y desarrollo del mismo en el cultivar triploide se necesita polen de otra variedad normal, diploide, de las que dan frutos con semillas. La transmisión de polen será efectiva siempre que las plantas triploides y polinizador estén próximas, que coincidan las floraciones de ambas y existan suficientes abejas y condiciones ambientales favorables para que estas desarrollen su trabajo.

Si hay una polinización y fecundación normal, tanto las plantas triploides como las diploides darán frutos, las primeras sin semillas y estas últimas con pepitas. Para poder distinguir unos de otros sin necesidad de partirlos es necesario que exteriormente sean diferentes.

Para obtener un buen cuaje se intercalan, en la plantación, bien líneas enteras de polinizador (dos triploides, una diploide) de manera que siempre las plantas triploides tengan a su lado una diploide, o bien intercalando las plantas en la misma línea (cada 3 o 4 triploides, una diploide). Una reducción de las proporciones indicadas (1:2 en líneas completas, 1:3 o 1:4 con plantas intercaladas) puede suponer una reducción en el porcentaje de cuajado y en la cosecha.

Tabla 3. Disposición de plantas en un cultivos de sandía sin pepitas y su polinizador

Polinizador en hileras enteras						Polinizador dentro de la hilera					
Proporción 1:2 (33 %)						Propoción 1:3 (25 %)					
X	O	O	X	O	O	X	O	X	O	X	O
X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
X	O	O	X	O	O	O	X	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	X
X	O	O	X	O	O	X	O	X	O	X	O
X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
X	O	O	X	O	O	O	X	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	X
X	O	O	X	O	O	X	O	X	O	X	O

X: polinizador (sandía con pepitas) O: Planta de sandía sin pepitas

También se pueden emplear cultivares de sandía diploide que posteriormente se desechan y que en algunos casos se han denominado «superpolinizadores». En el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta se han realizado numerosos estudios con estos polinizadores desechables, con el objeto de que la recolección sea exclusivamente de los frutos sin pepitas, analizando diferentes estrategias: como trasplantarlos sin utilizar un espacio específico, tutorarlos sobre un encañado para ir eliminando los frutos asegurando así, un período de floración más amplio y evitar la posterior germinación de sus semillas. En estos trabajos no hemos podido constatar una ventaja interesante respecto a la utilización de cultivares diploides que, posteriormente, sus frutos pueden ser aprovechados para su venta (Giner *et al.,* 2009). En este sentido,

en los últimos años, se viene imponiendo el uso de cultivares diploides con micropepitas como el 'Premium' que poliniza bien y posteriormente se puede aprovechar sus frutos.

También se han desarrollado estudios en los que se ha podido constatar que aplicaciones de 2,4-D a 8 ppm en pulverización a toda la planta y de CPPU a 50-100 ppm directamente sobre flores femeninas en diversos cultivares triploides permiten un cuajado y desarrollo normal de los frutos sin necesidad de recurrir a polinizadores (Maroto *et al.*, 2002). Estas sustancias no están autorizadas para su aplicación en sandía, existe únicamente autorizado el ácido giberélico con fenotiol (Fengib), aunque en nuestras experiencias no hemos observado, cuando se ha aplicado este producto en pulverización a la planta combinado con polinización natural, una mejora del cuaje ni de la producción de sandías.

Para evitar posibles confusiones en el momento de la plantación, los semilleros suelen servir las plantas en bandejas de alvéolos con fundas de plástico desechables de color blanco para el cultivar triploide y de color negro para el caso del polinizador.

3.6. Nuevos tipos y cultivares

En sandía predomina cada vez más el cultivo de variedades triploides (sin pepitas), destacando las de piel rayada que supone un 40 % de la producción, entre las que destacan cultivares como 'Reina de Corazones', 'Boston', 'Motril', 'Trix Paula', 'Estel Deluxe', 'Babba', 'Reina Linda', 'Torera' que dan lugar a frutos de gran calibre. En los programas de producción se suelen elegir los que producen frutos de mayor calibre para las plantaciones más precoces, consiguiendo con esta estrategia calibres más o menos homogéneos. Por el contrario, en zonas de clima más continental, con veranos muy calurosos, se suelen producir con estos cultivares frutos de excesivo calibre, que en algunos casos puede superar los 10 kg por unidad. Por esa razón, en esas condiciones, se aconseja el cultivo de nuevas variedades que dan lugar a un calibre más regular, entre las que destacan 'Romalinda', 'Berta', 'Mielhart', 'Bonny' y 'Leopard' que en condiciones de cultivo en el litoral mediterráneo dan frutos de un calibre medio, con peso de entre 3 y 5 kg por unidad, con muy buenas características organolépticas.

Este tipo de producciones requieren de la utilización de un polinizador, para lo cual se recurre a variedades diploides con frutos de piel negra con

semillas, como 'Pata Negra', 'Azabache', 'Sofia' o 'Dulce Maravilla' que representan actualmente un 21 % de la producción de sandías. Dentro del grupo de sandías sin pepitas, en los últimos años se ha incrementado la producción de sandías de piel negra triploides predominando 'Fashion', así como otras como 'Fenway', 'Ivona', 'Style', 'Titania', 'Veronica', 'Valdoria', 'Sidor' y 'Stellar' que son utilizados en diferentes programas de producción y que suponen un 30 % de la sandía comercializada. Para estas producciones se está implantando como polinizador el uso de cultivares diploides con pepitas de pequeño tamaño que son comestibles (micropepita) como los 'Premium', 'Jenny' y 'Tigriho' que puede suponer un 4 % de la producción total, o bien el tipo de sandía Crimson con pepitas (rayadas con semillas de pulpa roja) como 'Crimson Sweet', 'Crisby', 'Cristal' con frutos de gran calibre y buenas características organolépicas, que se comercializan en mercados como el de las Islas Baleares o Italia. También existen programas de producción en el que se producen sandías de calibre mini con pepitas y frutos de 2 a 3 kg por unidad de piel oscura como 'Mini Azabache' que se destina principalmente a mercado ecológico. Entre los frutos de tamaño mini, pero sin pepitas y de piel rayada, destacan los cultivares 'Bibo' y 'Precious Petite'.

Figura 7. Cultivares de sandía que dan lugar a diferentes calibres tanto negras como rayadas

Aunque en los últimos años ha disminuido su producción, podemos encontrar frutos sin pepitas de carne amarilla y piel rayada como 'Graciosa' o 'Pekin', o sandías cuya producción es nula o anecdótica como son las sandías sin pepitas de pulpa naranja como los cultivares 'Amsterdan' y 'Monet', estos últimos pueden suponer un 2 % de la producción nacional.

Figura 8. Cultivares triploides de pulpa roja, amarilla y naranja

En las producciones de Castilla-La Mancha, las plantas y sus frutos padecen condiciones de alta insolación y temperaturas, produciéndose planchados en sus frutos, circunstancia que hace que no se adapten bien todos los cultivares citados. Entre los que más se producen en esa zona se encuentra 'Leopard' (triploide rayada) que se utiliza para exportación. Cuando los frutos crecen con altas temperaturas tienden a dar frutos de gran calibre, por esa razón cuando se busca un calibre de 3 a 4 kg/fruto, este da unos resultados satisfactorios. Se poliniza con el cultivar 'Premium' que, como se ha indicado, es una sandía con micropepitas. En el tipo de sandía de piel negra triploide se utiliza el 'Style' y para el mercado interior el cultivar 'Boston' para frutos de piel rayada y sin pepitas.

3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías

3.7.1. Plagas

Entre las principales plagas hay que destacar el ataque de pulgones por sus daños directos y posible transmisión de virosis: *Aphis gossypii* (Glober), *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis fabae* (Scopoli), *Macrosiphum euphorbiae* (Thum), *Aulacorthum solani* (Kalt). Ácaros que afectan tanto a la vegetación como a sus frutos: *Tetranychus urticae* (Koch). Los minadores no son plagas importantes en sandía pero puede ser atacada por *Liriomiza huidobrensis* (Blanchard) y *Liriomyza trifolii* (Burgues). Los trips generalmente no requieren de tratamiento específico, destacando posibles ataques de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) que tiene un buen control biológico con auxiliares como *Orius*. En cultivo al aire libre no suelen ser plaga las moscas blancas, aunque por problemas de transmisión de virosis hay que prestar especial atención a la presencia de *Bemisia tabaci* (Gennadius). Las orugas del genero *Agrotis* y *Spodoptera* pueden causar problemas graves depreciando comercialmente los frutos. En el suelo se pueden producir daños por gusanos del alambre *Agriotes* sp. y por larvas del género *Agrotis*. En el momento del trasplante puede ser problemática la presencia de la mosca de los sembrados *Delia platura* o *Phorbia platura* (Meig). Una plaga que cada vez está más presente son los nematodos del género *Meloidogyne*.

Figura 9. *Coccinélido* en planta de sandía como depredador de plagas

3.7.2. Enfermedades, principales virosis y control de malas hierbas

Entre las enfermedades podemos citar algunas de semillero como el *Phytium*, *Rhizoctonia solani*, *Chalara elegans*. Entre la enfermedades aéreas, aunque poco común, se puede dar la presencia de *Phytophthora* spp., *Botytis cinérea*, *Didymella bryoniae* (Auersw) que afecta a las hojas y a la base de la planta produciendo un chancro gomoso, *Alternaria cucumerina* (Ellis y Everh) con síntomas en hoja similares al del hongo anterior. La enfermedad fúngica aérea más importante en sandía cultivada al aire libre son los oídios, entre los que el más común es *Podosphaera xanthii* (Castagne) (U. Braun y Shishkoff), también conocida como *Sphaerotheca fuliginea*. Entre las enfermedades vasculares la más importante es *Fusarium oxysporum* Schlechtend. Fr. F. sp. *niveum*.

Figura 10. Estudio de diferentes materiales y técnicas de semiforzado para reducir la transmisión de virosis

Las principales virosis en sandía son el virus del cribado del melón (MNSV), trasmitido por las esporas del hongo *Olpidium bornovanus (*Campbell y Sim). De transmisión por semilla y contacto puede ser importante el virus del mosaico de la calabaza (SqMV). Entre los virus transmisibles por pulgón puede ser importante el del mosaico del pepino CMV, mosaico I y II de la sandía (PRSV) y (WMV-II) y mosaico amarillo del calabacín (ZYMV). Entre los que son trasmitidos por mosca blanca se encuentra el virus del amarilleo de

las venas (CVYV). *Bemisia tabaci* también puede trasmitir el virus de nueva introducción de la hoja rizada del tomate de Nueva Delhi (*Tomato leaf curl New Delhi virus,* ToLCNDV). Aunque la sandía no es la cucurbitácea a la que le afecta más este virus, estrategias basadas en la utilización de cubiertas flotantes o microtúneles han resultado muy eficientes para el control de virus trasmisibles por pulgón, por lo que estas mismas técnicas podrían ser interesantes para prevenir la presencia de este virus.

Figura 11. Fruto con síntoma de virus transmitido por pulgón

La sandía compite mal con las malas hierbas y es muy sensible a la acción de los herbicidas. Por eso, como se ha indicado en el apartado de semiforzados, se recurre al uso de acolchados con polietileno opaco y labores superficiales entre líneas durante las primeras fases de cultivo. Entre los herbicidas autorizados se encuentran fluazifop-p-butil, que es selectivo para posemergencia precoz de malas hierbas en el control de gramíneas, y *diquat*, indicado en pretrasplante para dicotiledóneas. También contra gramíneas se puede utilizar propaquizafop, para el que se recomienda hacer pruebas de selectividad y quizalofop-p-etil contra gramíneas anuales y vivaces.

3.7.3. Fisiopatías

Entre las fisiopatías que afectan a la sandía se puede citar el aborto de frutos, que puede ser debido a una regulación de la propia planta o a una deficiente polinización. También, la presencia de frutos deformes y ahuecado provocada por una insuficiente polinización; el ahuecado puede verse agravado posteriormente por un crecimiento rápido del fruto. El plateado necrótico parece ser causado como consecuencia de niveles altos de ozono en la atmósfera, asociado a altas temperaturas y luminosidad. El agrietado de frutos, como se ha indicado anteriormente, puede ser provocado por aportaciones de riego irregular o fluctuante en la fase de crecimiento de los frutos. También pueden presentarse fitotoxicidades, en algunos casos como consecuencia de presencia de herbicidas, por ser un cultivo especialmente sensible. El planchado de los frutos, debido generalmente a una vegetación insuficiente que los deja expuestos al sol, provocando quemaduras en la superficie.

3.8. El injerto en la sandía

El empleo del injerto se encuentra implantado desde hace muchos años. Se introdujo la técnica en países asiáticos en los años 60 del siglo pasado y en Europa en los años 70, para el cultivo de sandía en Italia y España (Miguel *et al.*, 2007). El injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo para el control de plagas y enfermedades, así como para el complejo conocido como cansancio del suelo. También puede ser empleado contra agentes abióticos como salinidad, sequía, temperatura, encharcamiento. Los portainjertos utilizados actualmente confieren un mayor vigor, mejora la producción, modificando los ciclos y alargándolos. La utilización del injerto en sandía previene de la contaminación de enfermedades cuyo inóculo permanece en el suelo y, a partir de ahí, a través de las raíces invade la planta, por esa razón la utilización de portainjertos resulta conveniente para prevenir enfermedades producidas por hongos y nematodos (García Jiménez *et al.*, 2007). Se viene utilizando para soslayar problemas debidos al hongo vascular *Fusarium oxysporum*, aunque en los últimos años se están produciendo otros problemas sanitarios como ataque de nematodos o el virus del cribado del melón (*Melon Necrotic Spot Virus*).

Uno de los principales inconvenientes de la utilización del injerto es el sobrecoste de la planta, debido a la adquisición del material vegetal, a la mano

de obra requerida para efectuar el injerto y a las instalaciones y condiciones climáticas que aseguren el éxito de su prendimiento. Actualmente se están buscando alternativas de mecanización del injerto para hacerlo más competitivo (Miguel *et al.*, 2007). En el caso del cultivo de sandía, ese sobrecoste queda compensado por la menor necesidad de plantas, pasando de 5.500 plantas/ha en el caso de planta sin injertar a unas 3.000 plantas/ha en el caso de las injertadas, al tiempo que se mejoran los rendimientos por unidad de superficie. En suelo contaminado, la sandía injertada sobre cualquiera de una extensa gama de portainjertos resiste mejor la infección, es más productiva y proporciona frutos de mayor tamaño que la sandía sin injertar (Maroto *et al.*, 2002; Miguel *et al.*, 2004 y 2007). En resumen se puede decir que es un método de lucha totalmente respetuoso con el medio ambiente que permite ventajosamente soslayar la utilización de fumigantes a un nivel rentable y competitivo (Miguel, 1996 y Maroto *et al.*, 2002).

Figura 12. Raíz de portainjerto de calabaza afectada de nematodos

Los requerimientos para elegir correctamente un portainjerto son principalmente que sea resistente al patógeno/s que se pretende controlar y que no exista cualquier otro que lo afecte gravemente, que tenga vigor y rusticidad y buena afinidad con la planta que se injerta, buenas condiciones para realizar el injerto y que no se modifique desfavorablemente la calidad del fruto (Miguel *et al.*, 2007). Las opciones más habituales son:

- Los híbridos de *Cucurbita* son los más utilizados. Se trata de híbridos interespecíficos de *C. maxima* x *C. moschata* resistentes a Fusarium, MNSV, Colapso, Verticillium, Pythium y poco tolerantes a nematodos.
- *Lagenaria siceraria*. La más conocida es la calabaza de 'Peregrino', resistente a Fusarium de la sandía y poco tolerante a nematodos. Muy utilizada en oriente aunque no se ha introducido en España por no superar en resultados a las anteriores.
- *Citrullus lanatus.* Proviene de la sandía silvestre, resistente a Fusarium y a nematodos, aunque no a Monosporascus ni a MNSV. En ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta las plantas injertadas sobre estos portainjertos se han comportado como sensibles a Fusarium y, por el contrario, han mostrado el mejor comportamiento frente a un ataque fuerte de nematodos.

Tabla 4. Portainjertos y niveles de resistencia a enfermedades en sandía

	FON	FOM	Phom	Mon	V. d	MNSV	Nem
Cucurbita híbrida	+++	+++	++	+++	+++	+++	+
Lagenaria siceraria	+++		?	?	-	?	+
Citrullus sp.	+++		-	-	-	-	+++
Cucurbita moschata	+++	+++	?	?	?	?	++

Cucurbita sp. Una de las más conocidas es la calabaza de violín (*C. moschata*) resistentes a Fusarium y ligeramente tolerantes a Nematodos.
Sycios angulatus. Tolerante a Nematodos aunque con problemas de afinidad con la sandía, por lo que en la práctica no se utiliza.

FON: spp. *niveum* y ssp. *melonis*; FOM: *Fusarium oxysporum f* sp. *melonis*; Phom: *Phomopsis sclerotioides*; Mon: *Monosporascus cannonballus*; V. d.: *Verticillium dahlia*; MNSV: *Melon Necrotic Spot Virus*; Nem: *Meloidogyne incognita*.

Fuente: Miguel (2007).

Entre los métodos de injerto predomina el «injerto de aproximación», que es el que presenta mayor fragilidad en el momento de la plantación y requiere del corte del hipocotilo de la variedad unos días antes de la plantación por debajo del injerto, para evitar el paso de savia a través suyo y así soslayar posible infección de virus del cribado del melón. En el «injerto de púa» no se necesita manipulación adicional, la unión es mucho más robusta y ha sido desplazado por el injerto adosado. El «injerto adosado» al igual que el anterior,

no necesita manipulación adicional, requiere de un control preciso de las condiciones ambientales en la fase de posinjerto, la unión resultante es perfecta y puede mecanizarse. En este injerto la variedad se pega a uno de los cotiledones del posinjerto. La unión es más fuerte que la del injerto de aproximación, en el poceso el patrón vuelve a emitir raíces. El «injerto doble adosado» es propuesto por Alfredo Miguel para resolver problemas de compatibilidad entre portainjerto y variedad.

Tabla 5. Distintos portainjertos existentes en el mercado para sandía

Portainjerto	Firma comercial	Observaciones
RS 841	Akira seeds	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Iker	Akira seeds	*Lagenaria siceraria*
AK-15	Akira seeds	*Cucurbita pepo*
Bokto	Akira seeds	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Akprim	Akira seeds	*Citrullus lannatus*
AK-PSC 177	Akira seeds	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Robusta	Intersemillas	*Citrullus lannatus*
Shintoza	Intersemillas	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Carnivor	Syngenta	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Ferro	Rijk Zwaan	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Cobalt	Rijk Zwaan	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*
Hércules	Ramiro Arnedo	*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*

Figura 13. Planta injertada por el método de aproximación a la que se le ha cortado el pie de la variedad

4. Composición

El fruto de la sandía posee propiedades refrescantes, es jugoso, prácticamente se puede consumir durante todo el año, aunque resulta más apetecible durante los meses de verano. Es hidratante, remineralizante, diurético, laxante y de bajo valor calórico, que lo hacen recomendable en dietas de adelgazamiento, ayudada por su sensación inmediata de saciedad. El principal componente de los azúcares en la carne es la sacarosa y en el mesocarpo glucosa y fructosa (López-Galarza *et al.,* 2004). La sandía está reconocida por su importancia nutritiva y su aporte de fitonutrientes: licopeno y citrulina. El licopeno está reconocido como uno de los principales carotenoides, la pulpa de la sandía tiene una media de 4.100 µg/100 g de licopeno. Del licopeno se conoce su poder reductor de riesgo de padecer cáncer de próstata, páncreas y de estómago. La citrulina es un vasodilatador y vasoprotector (Donald *et al.,* 2007).

Preferentemente se consume en fresco, preparado para IV gama, aunque también puede confitarse o elaborarse helados y sorbetes. Las semillas son ricas en proteínas y minerales, pueden consumirse tostadas y de ellas puede extraerse aceite comestible y para uso industrial.

Su composición nutritiva por cada 100 g de producto comestible (Watt *et al.*, 1975, citado por Maroto, 2002) es: agua (92,6 %); proteínas (0,5 g); grasas (0,2 g); hidratos de carbono totales (6,4 g); fibra (0,3 g); calcio (7 mg): fósforo (10 mg); hierro (0,5 mg); sodio (1 mg); potasio (100 mg); vitamina A (590 UI); tiamina (0,03 mg); riboflavina (0,03 mg); niacina (0,2 mg); ácido ascórbico (7 mg) y valor energético (26 cal).

5. Economía del cultivo

La producción mundial de sandía, en la década analizada (2003-2013) ha sufrido un incremento cercano al 20 %. El mayor crecimiento se ha producido en Oceanía y en el continente africano, con variaciones de 36 y 30 % respectivamente, también en Asia que, con un incremento del 27 %, representa más del 80 % de la producción mundial.

Por países destaca China, que supone más de la mitad de la producción mundial. Le sigue Irán con el mayor crecimiento en los 10 últimos años, seguido de Turquía en el que se observa un cierto retroceso o estancamiento. Argelia viene experimentando un crecimiento constante y considerable. Espa-

ña, que ocupa el noveno puesto mundial, mantiene un crecimiento del 18 %, con una producción de 869.000 t en 2013.

En Europa los principales países productores se encuentran en el sur del continente. En primer lugar se encuentra España, seguido de Grecia y Rumanía. A excepción de España, se aprecia en el resto un descenso en producción y una cierta fluctuación en el caso de Francia.

Tabla 6. Producción de sandía en el mundo. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%) 2003-2013
América	5.770.751	5.538.543	6.161.846	6.117.192	6.060.057	6.286.375	8,94
Asia	71.692.960	75.620.469	78.260.935	81.144.114	85.763.676	91.201.239	27,21
Europa	5.253.444	4.863.414	4.443.303	5.619.980	5.645.283	5.502.476	4,74
África	4.680.788	5.116.252	5.154.600	5.728.423	5.277.441	6.120.696	30,76
Oceanía	123.394	120.171	147.232	140.328	142.619	167.929	36,09
Mundo	87.521.337	91.258.849	94.167.916	98.750.037	102.889.076	102.889.076	17,56

Fuente: FAO.

Tabla 7. Producción por países, en el mundo. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
China	58.002.351	59.893.432	62.036.200	64.784.679	68.893.000	72.943.838	25,76
Turquía	4.250.000	3.970.000	3.796.680	3.810.205	3.864.489	3.887.324	-8,53
Irán	1.210.630	3.259.411	3.329.449	3.074.581	3.250.000	3.947.057	226,03
Brasil	1.905.800	1.637.428	2.092.628	2.065.167	2.198.624	2.163.501	13,52
EEUU	1.733.670	1.741.920	1.694.110	1.764.960	1.688.040	1.771.734	2,20
Egipto	1.705.038	1.874.110	1.912.991	1.653.204	1.508.941	1.894.738	11,13
Argelia	629.847	857.942	815.665	1.034.722	1.285.134	1.500.559	138,24
México	952.212	864.766	1.058.848	1.007.155	1.002.019	953.244	0,11
España	733.047	719.621	790.947	851.976	766.301	869.500	18,61

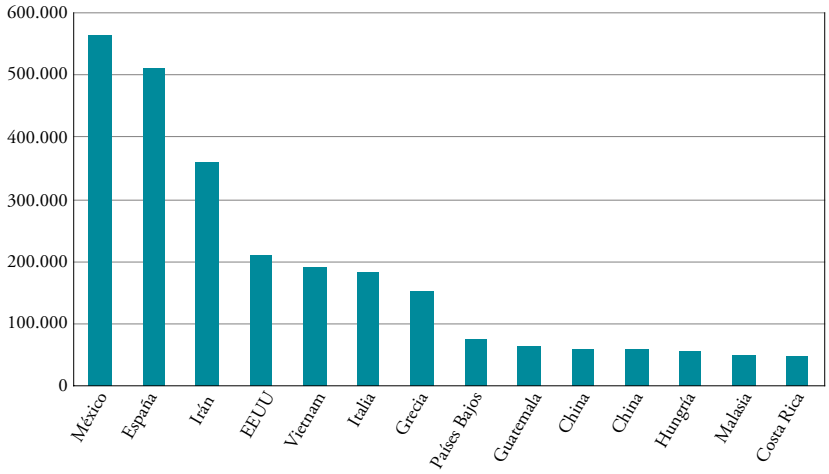
Fuente: FAO.

Tabla 8. Producción por países de la UE. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
España	733.047	719.621	790.947	851.976	766.301	869.500	18,61
Grecia	714.000	703.558	663.389	623.000	648.000	620.600	-13,08
Rumania	706.274	628.326	374.536	602.813	592.214	574.187	-18,70
Italia	529.001	519.463	437.512	463.306	378.220	392.527	-25,80
Hungría	228.304	214.189	163.800	220.426	202.920	183.900	-19,45
Bulgaria	262.153	97.318	95.667	110.653	83.163	64.247	-75,49
Chipre	38.000	33.600	29.310	22.829	20.147	20.590	-45,82
Francia	6.743	7.324	7.519	25.151	16.919	14.150	109,84
UE-27	3.239.498	2.942.236	2.576.972	2.933.134	2.717.749	2.781.280	-14,14

Fuente: FAO.

Gráfico 1. Principales países exportadores de sandía (2012). En toneladas



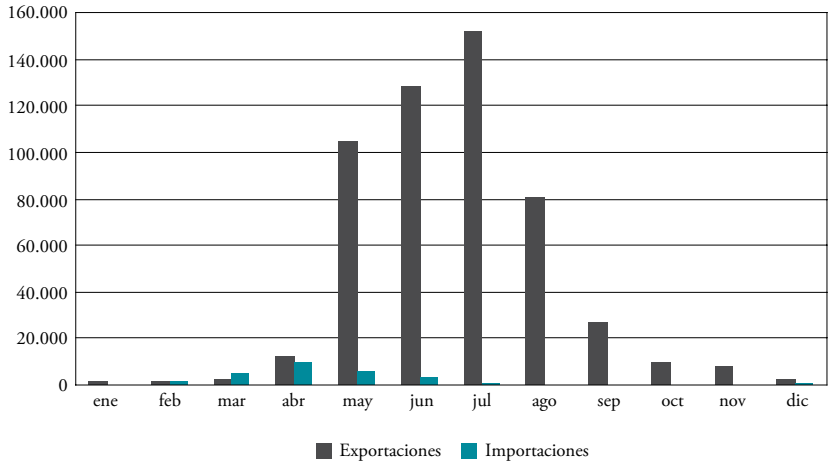
Fuente: FAO.

5.1. Comercio exterior

México es el principal país exportador de sandías mundialmente, seguido de España. En España en 2014 las exportaciones de sandías supusieron aproximadamente el 60 % de la producción nacional (530.285 t) principalmente en el período comprendido entre los meses de mayo a agosto, destacando el mes de julio con un tonelaje exportado durante ese mes de 151.728 t. Las importaciones permiten abastecer un mercado en contra-estación, destacando los meses de marzo a mayo como los más importantes, para con el resto de meses llegar a un volumen de importaciones de 27.092 t anuales (Gráfico 2).

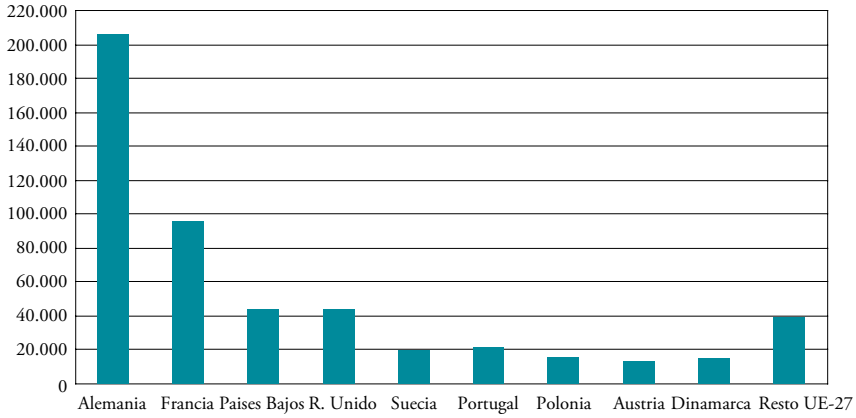
El principal país de destino es Alemania con 206.285 t, seguido de Francia con 95.245 t exportadas en 2014. Las exportaciones de sandía se han ido incrementando en los últimos años, debido a la introducción de los frutos sin pepitas, por el incremento de ciudadanos procedentes del norte de África y como consecuencia de la implantación de diferentes programas de promoción y *marketing*. Su consumo está íntimamente relacionado con la temperatura estival, apreciándose un mayor consumo durante los veranos calurosos.

Gráfico 2. Exportaciones e importaciones en España (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

Gráfico 3. Países de destino (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

5.2. Producción nacional

En España cada vez se va extendiendo más el cultivo, especialmente al aire libre. Las producciones más precoces se inician en la Islas Canarias, seguidas de Andalucía, la Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y resto de regiones, con un calendario de recolecciones que va desde final de marzo hasta septiembre, aunque en cultivo al aire libre las recolecciones se inician en el mes de junio.

La superficie de cultivo en los últimos años en España está estabilizada entre las 17.000 a 19.000 ha. Se cultivan bajo invernadero entre 5.000 y 6.000 ha y al aire libre en torno a las 12.000 ha, de las cuales 2.000, aproximadamente, se desarrollan en condiciones de cultivo en secano, como la de Toledo de manera tradicional, aunque con la implantación del riego por goteo ha disminuido esta modalidad en los últimos años.

La principal comunidad autónoma es Andalucía con un 56 % de la producción nacional, destacando la provincia de Almería con un 40 % de la producción que, como se ha indicado, se cultiva principalmente bajo invernadero. Le sigue en importancia Ciudad Real en donde se produce el 12,9 %, Murcia con 14,7 %; Toledo (8,4 %); Sevilla (7,1 %) y Valencia (5,7 %).

Las producciones más precoces de sandía al aire libre se obtienen en la Región de Murcia y norte de la provincia de Almería, generalmente desde junio hasta las primeras semanas de julio. En general, los mejores precios se

suelen obtener con los frutos sin pepitas, aunque con alguna excepción, como la acaecida en el año 2007 en el que se pagaron 0,07 euros/kg más por las sandías con pepitas que por los frutos de las sandías triploides. En la Región de Murcia los precios oscilaron desde 0,11 euros/kg del año 2007 a 0,33 euros/kg del 2008. En 2012 las cotizaciones fueron muy bajas, con 0,15 euros/kg por las sandías sin pepitas y 0,09 euros/kg por los frutos diploides. En la Comunidad Valenciana los precios han oscilado entre los 0,10 euros/kg de la campaña 2007 a los 0,24 euros/kg de 2008.

5.3. Costes de producción de sandía al aire libre

Para analizar los costes de producción del cultivo de sandía al aire libre se ha considerado una plantación de sandía sin pepitas, cuyo trasplante se realiza en el mes de abril, semiforzado con acolchado con polietileno negro y cubierta flotante, bajo sistema de riego localizado. La maquinaria empleada en labores preparatorias y terminación del cultivo son alquiladas, disponiendo de tractor propio para labores de asurcado y maquinaria de tratamientos. Se consideran unos costes variables comprendidos entre 8.100 y 8.500 euros/ha, costes fijos de 1.700 a 2.000 euros/ha, unos costes de oportunidad de 250 euros/ha, por lo que se estiman unos costes totales entre 10.000 a 10.800 euros/ha. Para obtener el coste por unidad de producción (euros/kg) se ha considerado una producción por hectárea de 70.000 kg de sandía, del que se obtiene entre 14 a 15 céntimos/kg el coste de producción de sandía para el agricultor, incluida la recolección y el transporte al almacén.

6. Retos y perspectivas

En relación al material vegetal se están desarrollando nuevos tipos, con calibres diversos, que ha permitido innovar durante los últimos años con diferentes gamas de producto, ampliando notablemente sus posibilidades. Se está consiguiendo una mejora en las características organolépticas de los nuevos cultivares que puede redundar en un incremento del consumo, puesto que cada vez más se está asociando la sandía a un producto de calidad. Se está avanzando en la obtención de nuevas variedades con una suficiente consistencia de la pulpa para su preparación como IV gama, presentada en tarrinas junto con otra fruta cortada.

Entre los aspectos agronómicos hay que destacar la importancia de mejorar y garantizar una buena polinización, aumentando la eficiencia del uso de

polinizadores. La introducción de nuevas resistencias a plagas y enfermedades en los portainjertos y su uso como fórmula para soslayar los problemas abióticos podría ser crucial para el cultivo. Se podría pensar en un futuro en la posibilidad de utilizar portainjertos transgénicos para facilitar la introducción de estas mejoras y como fórmula para reducir la dependencia del uso de fitosanitarios. También se están produciendo mejoras de las técnicas de producción ecológica e integrada, con especial protagonismo de los métodos de control biológico y biotecnológico de plagas y enfermedades, que permitirán reducir el uso de fitosanitarios y obtener frutos de la máxima calidad, aproximándose a un producto con cero residuos de plaguicidas.

En poscosecha, la incorporación de nuevas técnicas no destructivas de calidad interna de los frutos, puede ser una buena fórmula para mejorar la calidad y confianza del consumidor.

Las acciones de *marketing* realizadas durante los últimos años, tanto por AGF (Asociación del grupo Fashion) como por Anecoop con su línea 'Bouquet', han permitido dar a conocer las distintas innovaciones en sandía, incrementando el consumo en el resto de países de Europa, que junto con el concepto de especialidades, puede hacer crecer el uso de esta fruta en los próximos años. Estos modelos de negocio han supuesto un ejemplo de posicionamiento de una marca «Premium».

Es crucial la mejora en la gestión de los programas de producción, integración de previsiones de cosecha y demanda del mercado, que permita mejorar la rentabilidad del agricultor. Como se ha indicado a lo largo de este capítulo, las condiciones climáticas influyen notablemente en el consumo, por lo que sería interesante buscar fórmulas de promoción para fomentar su adquisición en períodos o episodios de temperaturas suaves.

Referencias bibliográficas

Baixauli, C.; García, M. J. y Aguilar, J. M. (2001): «Sistemas de forzado para sandía y melón»; *Comunitat Valenciana Agraria* (18). Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación, Generalitat Valenciana; pp. 46-50.

Barona, J. M.(1994): «Extracción de nutrientes en el cultivo de la sandía sin pepitas con riego por goteo y por inundación»; *Trabajo Fin de Carrera*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad Politécnica de Valencia.

Camacho, F. y Fernández, E. (2000): *El cultivo de la sandía apirena injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español*. Caja Rural de Almería.

Collison, C. H. (1989): «Manage bees for vine crops pollination»; *Amer. Veg. Grower April* (30).

Donald, N.; Xingping, Z. y Jules, J. (2007): «Watermelons: New Choices, New Trends»; *Chronica Hortculturae* 7(4); pp. 26-29.

Gazquez, J. C., coord. (2015): «Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía»; *Serie Agricultura* (12). Cajamar Caja Rural.

Giner, A.; Aguilar, J. M.; Núñez, A.; Nájera, I. y Baixauli, C. (2009, 2012): «Resultado de ensayos hortícolas»; *Memoria de actividades 2008, 2011*. Generalitat Valenciana Fundación Ruralcaja.

Giner, A.; Aguilar, J. M.; Núñez, A. y Baixauli, C. (2007): «Tipos de sandías, estudio de nuevos cvs. Resultados de Ensayos Hortícolas»; *Memoria de Actividades 2006*. Fundación Ruralcaja y Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación; pp. 117-124.

López Galarza, S.; San Bautista, A.; Pascual, B.; Maroto, J. V.; Miguel, A. y Baixauli, C. (2004): «Influence of Growing Media and Fruit Setting Procedure on Yield and Fruit Quality of Triploid Watermelon»; *Acta Horticulturae* (697). Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics; pp. 267-274.

Maroto, J. V.; Miguel, A. y Pomares, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Fundación Caja Rural Valencia y Mundi-Prensa.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial.* Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Maynard, D. N. (1989): «Triploid watermelons: a new versión of on old crops»; *Amer. Verg. Grower* 37(8); pp 42-43.

Mc. Gregor, S. E. (1976): «Insect pollination of cultivated crop plants»; *USDA*, *Agric Handbook* (496); pp 1-411.

Miguel, A. y Baixauli, C. (2008): «Situación actual y tendencias en el cultivo de la sandía»: *Vida Rural* 279(18); pp. 28-31.

Miguel, A. y Maroto, J. V. (2000): *Nuevas técnicas en el cultivo de la sandía*. Fundación Caja Rural Valencia.

Miguel, A.; Martín, M. y Baixauli, C. (2007): *Injerto de Hortalizas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Pomares, F.; Gómez, A.; Tarazona, F.; Estela, M.; Baixauli, C.; García, M. J. y Aguilar, J .M. (1997): *La fertirrigación en cultivos hortícolas* (1). I Congreso ibérico III Nacional de Fertirrigación; pp. 137-150.

Pomares, F.; Baixauli, C.; Tarazona, F.; Estela, M.; García, M. J. y Collado, M. A. (1999): «Fertirrigación en sandía triploide: 1. Efectos de diferentes dosis de agua sobre el rendimiento, calidad y contenido nutritivo»; *Agrícola Vergel*; pp. 463-467.

Ramos, C. y Pomares, F. (2010): «Abonado de los cultivos hortícolas»; *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; pp. 181-192.

Paginas webs

www.fepex.es

www.magrama.gob.es

www.faostat.fao.org

Melón

Antonio L. Alarcón Vera[a] *y Salvador Fuentes Pedreño*[b]
[a]Universidad Politécnica de Cartagena y [b]Villar Alto Sociedad Cooperativa

1. Introducción

1.1. Origen y situación del cultivo

Los botánicos creen que el cultivo del melón es originario de la India y Beluschistán en Asia y de Guinea en África, no obstante, se han encontrado semillas de cucurbitáceas en los antiguos palafitos de Parma (Italia) donde habitaba el hombre primitivo. En estas zonas de origen se encuentra su punto de dispersión, expandiéndose a partir de allí en todas direcciones a la mayor parte de las zonas de cultivo mundiales. Esta amplitud de ámbitos es consecuencia de su gran variabilidad genética, que ha permitido la adaptación de diferentes tipos de melón en condiciones agronómicas diversas. Hoy día podemos encontrar en los mercados de todo el mundo melones con diferentes colores, formas y aromas.

Figura 1. Plantación de melón tipo *Cantaloup* americano

Los primeros datos del cultivo del melón provienen de fuentes egipcias (24 siglos a. C.) y son citados en la Biblia. Posteriormente existen evidencias de que los romanos eran muy aficionados a su cultivo y consumo. En el siglo XI, los árabes los producían en sus huertos de Murcia y Valencia por sus propiedades medicinales y digestivas. Hasta el siglo XVII no se desarrollan las formas carnosas hoy conocidas. En Europa, a mediados de los 50 y principios de los 60, el melón experimentó una progresiva y lenta expansión, convirtiéndose a finales de los 60 en un producto de amplio consumo (Botía, 1995).

Las principales zonas de producción mundial que encontramos son las siguientes (Deulofeu, 1997):

- *Mediterránea*. Los países ribereños del mediterráneo son las zonas donde el consumo es tradicionalmente más popular. La aparición en los 70 de los melones tipo galia a partir de los trabajos de los genetistas de la Universidad de Israel y la obtención de variedades de melones con una buena conservación poscosecha, además de la resistencia a enfermedades que han incorporado las diferentes casas de semillas, ha hecho que hoy, no solamente se cultiven variedades para el consumo local, sino que se estén produciendo en los países mediterráneos diferentes tipos de melones para los mercados con más poder adquisitivo, como son los del centro y norte de Europa.
- *Centro y sur de África*. El aumento de la demanda de melón en los mercados europeos también ha hecho que se estén probando nuevas zonas de producción. Así, en las antiguas colonias francesas (Senegal, Camerún, Gambia) se cultivan melones tipo *Charentais* o en Zimbabue y Sudáfrica donde se producen 'Honeydew' o tipo americano para el mercado local y galia para exportar, sobre todo a Gran Bretaña.
- *Asia*. En este continente se cultivan una gran variedad de tipos. En China el tipo Hami y en Japón el tipo japonés o Arus, de cultivo artesanal y escriturado perfecto al dejar un fruto por planta y que se vende como regalo a precios elevadísimos.
- *América*. En EEUU el melón más popular es el 'Western Shipper', un tipo *Cantaloup*. Su interés ha hecho extender su cultivo a países centroamericanos. Sin embargo, la creciente demanda de melón de los mercados europeos durante los meses de invierno ha motivado el cultivo de galia, *Charentais*, piel de sapo o amarillo, exclusivamente para exportación en países del centro y sur de América.

La globalización de los mercados hace que hoy sea fácil encontrar melones en Finlandia o Rusia, donde antes eran considerados como una fruta exótica. A ello ha contribuido la productividad de las explotaciones agrícolas, la buena red de comunicaciones y el trabajo de los genetistas al crear variedades superproductivas con resistencias y vida poscosecha aumentada (Deulofeu, 1997).

2. Características botánicas

2.1. Descripción de la planta

El melón es una planta termófila, muy exigente en calor, cuyo ciclo vegetativo suele situarse por encima de 12 ºC. Para que no sufra problemas de polinización la temperatura no debe descender de 18 ºC, y para que maduren los frutos requiere un intervalo térmico entre 20 y 30 ºC, según cultivares (Maroto, 1997).

El melón es una planta con un sistema radicular abundante y ramificado, de crecimiento rápido; algunas raíces pueden alcanzar una profundidad de 1,20 m aunque la mayor parte de ellas se encuentran en los primeros 30-40 cm del suelo. Sus tallos pueden ser rastreros o trepadores en función de los zarcillos y son vellosos al igual que sus hojas. De las axilas de las hojas del tallo principal nacen los secundarios, siendo los 3-4 primeros los más desarrollados. Las flores son pedunculadas y salen de las axilas de las hojas, pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas; las masculinas aparecen en tallos primarios; y las femeninas y hermafroditas aparecen en secundarios y terciarios, pero siempre acompañadas de flores masculinas. La polinización es entomófila (Maroto, 1995; Maroto, 1997; Torres, 1997). Cuando se inicia la floración, la apertura de flores tiene lugar a primera hora de la mañana, permaneciendo las flores pistiladas receptivas 2-3 días (Gómez-Guillamón, 1997).

El fruto del melón es una infrutescencia denominada pepónide que podemos dividir en piel (puede mostrar diferentes colores y estar escriturada o reticulada), placenta (donde se sitúan las semillas y que está dividida en 3-4 lóbulos dobles) y pulpa (de diferente color). Las formas, coloraciones y dimensiones del fruto son muy variables. Las semillas ocupan la cavidad central del fruto, son fusiformes, aplastadas y de color blanco o amarillento, pudiendo existir entre 200 y 600 por fruto (Maroto, 1995).

Para la formación y maduración de los frutos de melón deben transcurrir unos 40 días. En los primeros 15, tras la fecundación, el fruto alcanza la mitad

de su volumen total y, a partir de ese momento, inicia la pérdida de color de la pulpa por degradación de carotenos. Cuando ha transcurrido un mes desde la fecundación, el fruto ha alcanzado prácticamente su tamaño definitivo, produciéndose la maduración durante los últimos 10 días, en los que se producen importantes cambios bioquímicos que conducen a un incremento notable de su contenido en azúcares (Maroto, 1995).

La composición en azúcares de los frutos a lo largo de su desarrollo y maduración es un aspecto primordial en la determinación del punto óptimo de madurez del melón. Si es recolectado prematuramente, como su contenido en sacarosa procede de la descomposición y movilización de hidratos de carbono (almidón fundamentalmente) de las hojas y este proceso se produce muy tardíamente, la pulpa no alcanzan el suficiente grado de dulzor y el contenido en azúcares no aumenta durante la posrecolección. A medida que los frutos de melón maduran, dicho contenido en azúcares aumenta hasta superar el 97 % del total de sólidos solubles, siendo la sacarosa la sustancia predominante con más del 50 % del total (Maroto, 1997). De esta forma, la determinación del momento óptimo de recolección es un tema complejo, lo que complica el establecimiento de un calendario estricto y conlleva a la correlación de síntomas externos en planta o fruto (aparición de grieta concéntrica en la base del pedúnculo del fruto, marchitamiento de la primera hoja sobre el fruto, viraje de coloración de la corteza, incremento de aromas, mayor elasticidad en la base u ombligo de los frutos, amarilleamiento de la parte inferior del fruto, etc.) con este momento óptimo (Maroto, 1995). Los frutos de cultivares con el gen «larga vida» o LSL (*Long Shelf Life*) de larga conservación, inhiben en algún momento la producción de etileno, por lo que permiten un período de cosecha más dilatado sin que los frutos sufran una sobremaduración o senescencia en la planta (Navarro, 1997).

2.2. Descripción taxonómica y tipos de melón

La planta de melón es una angiosperma dicotiledónea, perteneciente a la subclase *Dilledae*, orden *Cocurbitales* y familia *Cucurbitaceae*. El botánico sueco Carlos Linneo le puso al melón el nombre científico *Cucumis melo*, el primer nombre deriva del griego «kukumeren», serpentino y retorcido a modo de culebra, haciendo referencia al fruto de algunas cucurbitáceas, y «melo» proviene de su etimología latina.

La familia tiene muchos géneros, pero solo tres son de importancia: *Citrullus* (son las sandías cultivadas, especies *C. lanatus* y *C. vulgaris*), *Cucumis* (especies *C. sativus* –pepino– y *C. melo* –melón–) y *Cucurbita* (calabazas *C. maxima*, *C. moschata* y *C. mixta*, y el calabacín *C. pepo*) (Dane y Tsuchiya, 1976).

Existen cientos de diferentes variantes de melón en función del color externo e interno, la forma, los tamaños, el tacto de la piel, el sabor, etc. Una clasificación botánica propuesta por Münger y Robinson (1991) establece los siguientes grupos dentro de la especie (*Cucumis melo* L.):

- *C. melo agrestis* Naud.: tipos silvestres con frutos pequeños e incomestibles.
- *C. melo cantalupensis* Naud.: frutos de tamaño medio, reticulados o rugosos, muy aromáticos y normalmente andromonoicos.
- *C. melo inodorus* Naud.: melones de invierno, lisos o asurcados, grandes, tardíos, poco aromáticos y normalmente andromonoicos.
- *C. melo flexuosus* Naud.: frutos muy alargados, en ocasiones se utilizan como sustitutivos del pepino.
- *C. melo cocomon* Mak.: dulces, lisos, precoces y normalmente poco aromáticos.
- *C. melo dudaim* Naud.: el melón «mango», monoicos, con o sin fragancia.
- *C. melo momordica* Naud.: poco dulce, carne blanca y harinosa, con frutos lisos que se deshacen al madurar y monoicos.

La mayoría de los melones cultivados en nuestro país pertenecen a los grupos (o variedades) *Cantalupensis* e *Inodorus*. Sin embargo, en variedades pertenecientes a otros grupos se encuentran algunas características interesantes, particularmente resistencias a plagas y enfermedades, que se utilizan en la depuración genética de las variedades.

Independientemente de la clasificación botánica, quizá tenga mayor importancia la clasificación comercial de melones por tipos, que puede establecerse de la siguiente forma (Torres, 1997):

- *Melón amarillo*: de origen español, piel amarilla y pulpa color blanco cremoso. A su vez se divide en dos grupos:
    - *Amarillo rugoso*: forma oval y tamaño grande.

    - *Amarillo redondo liso*: frutos redondos lisos de alrededor de 1 kg.

- *Melones verdes españoles*: color verde más o menos oscuro, forma alargada y elevado tamaño (1,5 a 3 kg). Se distinguen 3 grupos:
    - *Rochet*: pulpa color verde de consistencia mantecosa y aromático.
    - *Piel de sapo*: pulpa verde y crujiente.
    - *Tendral*: variedad tardía, color verde oscuro y piel muy rugosa, dura y pulpa verde.
- *Melones* Charentais: de origen francés, actualmente hay variedades tanto de piel lisa como reticulada que presentan los genes «larga vida». Se distinguen 2 grupos:
    - Charentais *de piel lisa*: forma redondeada, en algunos casos un poco achatados y tamaño 0,8-1,3 kg. Piel color verde claro o ligeramente gris y dividida por suturas de color verde oscuro (acostillado). Pulpa de color salmón y bastante aromáticos.
    - Charentais *de piel reticulada*: frutos redondeados o semiovalados con un reticulado más o menos grueso. También están acostillados y son bastante olorosos.
- *Melón galia*: origen israelí (variedad muy antigua hibridada en los años 70). Forma redondeada, piel de color verde que evoluciona a amarillo en madurez y que presenta un reticulado fino; el color de la pulpa es blanco-verdoso y la consistencia es mantecosa. El peso oscila entre 0,7 y 1,3 kg.
- *Melón* Cantaloup: origen americano. Forma esférica, reticulado grueso en toda su superficie. La pulpa es de color salmón y aromática.
- *Melón* Honeydew *o blanco*: piel lisa, color verde tenue o casi blanco y pulpa verdosa.
- *Otros tipos*: existen muchos tipos de orígenes muy antiguos, con aceptación comercial local: *Casaba*, *Crenshaw*, *Sharlyn*, *Ananás*, *Orange*, *Flesh*, *Cavaillon*, *Persa*, etc.

Figura 2. Plantación de melón tipo galia

Las empresas comerciales, en sus programas de mejora genética, encuentran nuevos productos con caracteres fijados y manifiestos que aportan lo que podría ser un nuevo tipo, como ocurrió con el galia o con el amarillo canario redondo liso.

2.3. Variedades

En el mercado nacional el tipo de melón más demandado es el piel de sapo y entre las variedades comerciales actualmente en uso están 'Valverde' y 'Mesura' (Almería y Murcia); 'Paredes', 'Ludomel', 'Jimenado', 'Salzillo', 'Valiente', 'Almeza', 'Kanela', 'Rabal', 'Medellín' y 'Cordial' (Murcia); 'Qixote', 'Hilario', 'Sancho', 'Ibérico', 'Mendoza' y 'Cordial' (Castilla-La Mancha y Extremadura).

Los galia tienen su mayor demanda en Reino Unido, Alemania y países centroeuropeos y entre las variedades más empleadas destacan 'Kirene', 'Edecos', 'Ciro', 'Medallón', etc.

Al igual que los tipo galia, los melones amarillos tiene su mayor demanda en Reino Unido, Alemania y países centroeuropeos y entre las variedades más plantadas destacan 'Doral', 'Soleares', 'Pekin', etc.

En cuanto al tipo *Charentais*, el mercado de destino predominante es Francia y las principales variedades cultivadas son 'Magrite' y 'Magenta'.

Los melones de piel blanca tienen su principal destino en Portugal, siendo 'Branco' y 'Albino' las variedades comerciales más plantadas.

Otros tipos de melones como los de piel amarilla-lisa, redondos, pulpas de distintos colores y sabores, «melón piña», etc., están teniendo cada vez más aceptación en los mercados, pero de forma diferenciada a través de un gran sabor y ocupando pequeños nichos de mercado mediante una marca exclusiva.

3. Cultivo del melón

3.1. Siembra y plantación

Aunque la siembra directa es factible, lo habitual es obtener la planta en semilleros especializados, lo que permite asegurar un cultivo homogéneo. Hay que considerar que para el óptimo desarrollo de la planta de melón se necesitan 24-30 ºC durante el día y 13-15 ºC durante la noche.

En semilleros se suele emplear como sustrato turba rubia mezclada con materiales porosos (perlita) en proporción del 20-30 % en volumen. La siembra se lleva a cabo en bandejas alveolares donde, una vez depositada la semilla, se cubre con vermiculita para evitar la pérdida de humedad (Gómez-Guillamón *et al.*, 1997). Conviene realizar algún abonado durante la fase de semillero, especialmente durante los últimos 20-30 días. La plantación se suele efectuar cuando la planta tiene 2-3 hojas verdaderas.

La planta utilizada suele ser sin injertar, tanto en los tipos piel de sapo, *Cantaloup*, amarillo y galia. Los distintos ensayos de melón injertado sobre pies de calabaza no han prosperado porque el fruto es de peor calidad a la hora de la recolección. Asimismo, se han probado injertos de melón (variedades comerciales) sobre pie de melón resistente a plagas, enfermedades y condiciones desfavorables de suelo, pero los resultados no han sido demasiado buenos para el coste económico que conlleva.

Es recomendable la rotación de cultivos, alternando aquellos de distintas familias con un período de descanso de la tierra, para así evitar problemas de suelo para el melón.

En caso de no poder hacer rotación o período de barbecho-descanso habrá que realizar desinfección química o biofumigación del suelo para evitar problemas durante el cultivo.

3.2. Densidades y marcos de plantación

La densidad de plantación oscila entre las 8.000 plantas/ha en los tipos amarillo, *Charentais* o galia, las 5.000 plantas/ha de piel de sapo en la provincia de Almería y las 3.500-4.000 plantas/ha en las provincias de Murcia, Ciudad Real y Toledo.

Esto viene a ser una distancia entre líneas de cultivo de 1,8 a 2 m y entre plantas de 0,7-0,8 m en caso de melón amarillo, galia o *Charentais* o 1,2-1,6 m en caso de los tipos piel de sapo.

3.3. Sistemas de cultivo

Los sistemas de cultivo predominantes en las principales zonas productoras de melón en España son:

- Almería. Invernadero de plástico, trasplantes en enero-febrero, ciclos de 90 días entre trasplante e inicio de recolección.
- Murcia. Invernadero de plástico, túnel/tunelillo de plástico (microtúnel) o manta térmica, según la fecha de trasplante. De marzo-abril los ciclos son de 90 a 80 días.
- Castilla-La Mancha y Extremadura. Manta térmica o melón de «calle», sin ningún tipo de material de cobertura. De mayo a junio los ciclos son de 80-70 días desde trasplante a inicio de recolección.

Figura 3. Plantación con manta térmica o flotante

Figura 4. Acolchado plástico gris plata en melón

Figura 5. Acolchado transparente en melón, colocación y resultado

Figura 6. Disposición de microtúnel en melón

3.4. Recolección

La recolección del melón suele iniciarse a los 75-90 días del trasplante, dependiendo de la zona de producción, sistema de cultivo y tipo/variedad de melón.

Entre la polinización-cuajado de frutos y el inicio de recolección suelen pasar entre 30 y 40 días, según el tipo y variedad de melón. El momento óptimo de recolección tiene mucha importancia, puesto que el contenido en azúcares no aumenta después de haber sido cortado el fruto, por lo que debe recolectarse completamente maduro. Normalmente la recolección la efectúa personal especializado.

Los síntomas aparentes de madurez del fruto son:

- Anillo de color marrón y pequeña hendidura alrededor del pedúnculo.
- Desaparición de la capa cerosa del fruto.
- Aparición de color amarillo en la parte inferior del fruto, la que está en contacto con el suelo, y color verde a marrón en la piel del fruto en caso de piel de sapo.
- Al golpear el fruto con el dedo se oye un sonido apagado.

Antes de recolectar una parcela se hacen controles previos de calidad de la fruta, como son muestreos de azúcar en la parte media de la pulpa, dureza de la pulpa, sensibilidad al desprendimiento del fruto del pedúnculo, aspecto externo de la fruta (forma, color, tamaño), aspecto interno de la fruta (aspecto y color de la pulpa, forma y distribución de la cavidad interna, grosor y consistencia de la pulpa), etc.

La recolección del melón es habitualmente semimecanizada. El corte del fruto por la zona peduncular se lleva a cabo de forma totalmente manual por empleados especializados, que previamente conocen la variedad para determinar el punto óptimo de madurez. A continuación se deposita la fruta cosechada en una cinta de recolección, en cajas o suelta, que va desplazándose de forma mecánica al mismo ritmo que los recolectores y que el tractor/remolque, de forma que la fruta va al remolque y al almacén de confección/manipulación.

En otros casos, la fruta recolectada se deposita en cajas o piezas sueltas en las líneas de cultivo contiguas al carril o paso del tractor/remolque de recolec-

ción, desde donde de forma manual se pasan al remolque y de ahí al almacén de confección/manipulación.

3.5. Requerimientos nutricionales del melón

3.5.1. Requerimientos generales

Las necesidades de agua y abono de la planta difieren en función de su estado fenológico. Durante la etapa de desarrollo radicular y hasta la floración, el fósforo cobra gran importancia, siendo convenientes riegos cortos y poco frecuentes para forzar el enraizamiento y la aparición de flores. Desde la floración al cuajado se deben evitar los excesos de nitrógeno para controlar el excesivo desarrollo vegetativo, los riegos serán cortos y regulares, evitando acumulaciones de humedad en el cuello de la raíz. Desde el cuajado de los frutos hasta su desarrollo completo se incrementa la demanda de agua y nutrientes, debiendo ser los riegos uniformes y abundantes. Cuando los frutos alcanzan su tamaño y hasta su maduración se disminuyen esas necesidades, debiendo ser los riegos más espaciados y prestando especial atención al potasio de cara a lograr una óptima calidad del fruto. Demasiado nitrogenado durante esta fase aumenta el riesgo de rajado (Gómez-Guillamón, 1997).

Para el establecimiento de las necesidades hídricas del cultivo de melón en fertirrigación resulta muy útil la instalación de estaciones tensiométricas con dos tensiómetros por estación: uno a máxima densidad radicular (20 cm de profundidad) y el otro por debajo de las raíces activas (45-55 cm). Los intervalos de potencial matricial medio a mantener en el tensiómetro situado a máxima densidad radicular, en el intervalo entre riegos, variarán entre 10 y 15 kPa para suelos arenosos, entre 15 y 20 kPa para suelos de textura media y entre 18 y 25 kPa en suelos de textura fina (Rincón, 1997). Las necesidades totales de agua para un cultivo de melón son dependientes de multitud de parámetros. Al aire libre existen datos que hablan de necesidades totales de agua en torno a 4.000 m^3/ha (Odet, 1985; Rincón y Giménez, 1989; Castilla *et al.*, 1990).

En cuanto a la distribución del abono para un cultivo del sureste español bajo fertirrigación puede emplearse orientativamente los datos de la Tabla 1, para unas necesidades totales de 300 UF/Ha de N, 200 de P_2O_5, 200 de K_2O, 100 de Ca y 60 de Mg (Rincón, 1991).

Figura 7. Síntomas de estrés hídrico en la planta de melón o falta de raíz activa

Tabla 1. Distribución de fertilizantes NPK, para un cultivo de melón bajo fertirrigación

Estado fenológico	% N	% P_2O_5	% K_2O
Nascencia-Aclareo	5	20	5
Aclareo-Floración inicial	15	50	15
Floración inicial-Cuajado inicial	15	30	15
Cuajado inicial-Engorde de frutos	35		30
Engorde de frutos-Maduración	30		35

En cualquier caso es muy complicado establecer unos requerimientos nutricionales del melón, al ser un cultivo con tantos tipos diferentes y que se presenta bajo una enorme variabilidad de escenarios.

3.5.2. Fertirrigación en melón

Toda la superficie de cultivo protegido del melón, y más del 90 % de la cultivada al aire libre, utiliza el riego por goteo y la fertirrigación como técnica de cultivo, quedando en situación marginal las técnicas tradicionales con riego por inundación o las plantaciones de secano.

En el contexto económico actual, el objetivo de las explotaciones agrícolas es la obtención del máximo rendimiento, incluyendo la búsqueda de sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales. Son de sobra conocidas las ventajas que supone la fertirrigación localizada (ahorro de agua, fertilizante, mano de obra, labores culturales) a la vez que se incrementa el rendimiento de los cultivos (mayor producción, calidad y precocidad de las cosechas). Un adecuado manejo de estos sistemas incide en una plena disponibilidad para que las raíces puedan obtener el agua y los nutrientes esenciales para un crecimiento óptimo y armónico de acuerdo con el momento fenológico del cultivo (Alarcón, 2013).

Bajo fertirriego se tiene la posibilidad de poner directamente a disposición de la raíz una solución balanceada de nutrientes que se adapte a la demanda del cultivo o a los intereses determinados del proyecto agrícola.

En fertilización, la herramienta nutricional que se tiene para manejar el balance vegetativo/generativo de un cultivo es la relación N/K, y dentro del N total, la proporción existente de N amoniacal. El correcto manejo de dicha relación permitirá contrarrestar los factores (fundamentalmente ambientales) y adaptar el cultivo a nuestros intereses de acuerdo a la etapa fenológica en la que se encuentre, sin tener que inducir situaciones de estrés superfluas en la plantación.

En cultivos con etapas fisiológicas claramente definidas, donde la fenología del cultivo no está solapada, como por ejemplo melón, generalmente se distinguen 4 fases que merecen un enfoque nutricional (relación N/K) diferente (Alarcón, 2013).

I. Desarrollo vegetativo (vegetativa).
II. Floración-cuaje (generativa).
III. Engorde del fruto (media-vegetativa).
IV. Maduración-cosecha (generativa).

Figura 8. Fases fenológicas a distinguir en un cultivo de melón

Es importante reseñar que la definición del inicio o final de las diferentes etapas debe estar referida a apreciaciones visibles y constatables en el cultivo, nunca a fechas de calendario o días después de siembra o trasplante, cuyo cumplimiento está muy supeditado a clima, variedades, manejos, etc.

Así, en el cultivo de melón, se puede proponer lo siguiente:

I. Desde el trasplante hasta el cubrimiento total de la superficie y la aparición de las primeras flores femeninas.
II. Hasta frutos con tamaño de una pelota de tenis.
III. Hasta llegar al 85 % del tamaño final del fruto.
IV. Hasta la finalización del cultivo.

El cambio de solución nutritiva debe efectuarse no cuando marque el calendario de días de ciclo, sino cuando se haya logrado el objetivo pretendido en cada fase:

- *Fase 1*: lograr un suficiente porte de planta en la parte aérea y la raíz para poder soportar un buen cuaje, lo cual se tiene cuando la plantación se cierra y hay un adecuado cruce de guías.
- *Fase II*: lograr el cuaje que se pretende como objetivo en función del tipo de melón, potencial de la planta y características externas (clima, suelo, calidad de agua, etc.).
- *Fase III*: lograr el tamaño exigido por el mercado (80-85 % del tamaño final pretendido).
- *Fase IV*: tener la consistencia, red (en su caso) y ºbrix adecuados.

Es claro que estos momentos característicos pueden variar para cada proyecto, que cada especie o variedad tendrá los suyos o que en función, en este caso del tipo de melón, variedad, condiciones agroclimáticas, etc., puede ser posible eliminar alguna de estas etapas o desdoblar alguna de ellas (como la de maduración-cosecha).

Lo que resulta decisivo es definir una estrategia nutricional previa basada en este enfoque, aunque posteriormente la propia sintomatología de la plantación indicará si es oportuno, o no, llevar a cabo reajustes de la misma.

En el caso del melón se definirían al menos 3 soluciones nutritivas (SN) (vegetativa, media y generativa): la vegetativa se emplearía en la I, la media en la III y la generativa tanto en la II como en la IV. Aunque estas últimas son etapas bien diferenciadas, los efectos que se desean provocar en la planta son idénticos, detención del crecimiento vegetativo, inducción de los procesos reproductivos y acumulación de azúcares en reserva.

Lógicamente, todos estos cambios nutricionales deben estar en concordancia con otros aspectos del manejo del cultivo, por ejemplo en el melón, el cambio a SN generativa para inducir una abundante floración y un cuajado efectivo no tendría sentido si no está asegurado el correcto funcionamiento de las colmenas de abejas en ese momento.

A modo de ejemplo, y sabiendo que los niveles específicos dependen de multitud de factores, se podría proponer para un cultivo de melón al aire libre las siguientes soluciones nutritivas en mM (Tabla 2):

Tabla 2. Soluciones nutritivas para un cultivo de melón al aire libre

SN	N	P	K	Ca	Mg	S
Vegetativa	10	0,6	3	2-3	1-1,5	Mín 1
Media	8	0,4	4	2-3	1-1,5	Mín 1
Generativa	4	0,4	6	2-3	1-1,5	Mín 1

El seguimiento analítico de la solución del suelo y la sintomatología de la plantación en cada fase determinará el tipo de solución nutritiva a emplear y la concentración o tasa de fertilización de la misma.

3.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías del melón

3.6.1. Plagas

En cuanto a las plagas más frecuentes que afectan a los cultivos de melón tenemos (Rodríguez *et al.*, 1997): la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Benimisa tabaci*), los minadores (*Lyriomiza* spp.), la araña roja (*Tetranychus urticae* y *Tetranychus turkestani*), los áfidos o pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*), las orugas (*Spodoptera exigua*, *Spodoptera littoralis*, *Plusia* spp. y *Heliothis* spp.) y los trips (*Frankliniella occidentalis*). Algunos de ellos, trips y mosca blanca fundamentalmente, pueden ser peligrosos tanto por los daños causados por sí mismos como por ser vectores de enfermedades víricas. En otro orden de importancia, los gusanos del suelo, escarabajos, roedores o pájaros pueden resultar plagas localmente relevantes.

3.6.2. Enfermedades, principales virosis

Las enfermedades más frecuentes que afectan al cultivo de melón, tanto al aire libre como bajo plástico, son las producidas por hongos y virus. En semillero es común la podredumbre húmeda del cuello de la raíz causada por *Phytium* spp. o por *Rhizoctonia solani*, que también afecta a la planta adulta.

Otras enfermedades fúngicas que pueden afectar al cultivo ya adulto son fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*), gomosis (*Mycospharella citrullina*), colapso de la planta causado por acremonosis (*Acremonium cucurbitacearum*) o *Monosporascus*, chancro gomoso del tallo (*Dydimella bryoniae*), oídio o blanquilla (*Sphaerotheca fuliginea*) y el mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*).

También nematodos del género *Meloidogyne* pueden causar importantes daños al cultivo del melón (García-Jiménez, 1997).

Figura 9. Plantación de melón afectada de *Fusarium*

Las virosis más frecuentes en nuestro país en el cultivo del melón son (Jordá, 1997): virus del cribado (MNSV), virus del amarilleo del melón (MYV y CYSDV), virus del mosaico de la calabaza (SqMV), virus del mosaico del pepino (CMV), virus del mosaico amarillo del calabacín (ZYMV) y mosaico I y II de la sandía (WMV-1 y WMV-2). Un virus de reciente aparición en España (transmitido por mosca blanca que se detectó en 2013) y cuyos daños han sido de importancia, sobre todo en los dos últimos años en cucurbitáceas, es el virus del rizado amarillo del tomate de Nueva Delhi (ToLCNDV).

Existen además una serie de agentes patógenos encuadrados dentro del grupo de las bacterias, capaces de desarrollar enfermedades importantes en el cultivo del melón, tales como mancha angular de la hoja, mancha bacteriana de la hoja, podredumbre blanda o marchitamiento bacteriano (Jordá, 1997).

3.6.3. Fisiopatías

Existen una serie de fisiopatías en melón que merecen ser nombradas por su relevancia:

- Floración defectuosa. Causas probables:

- Mal manejo del riego.
- Pobre nutrición.
- Deficiencia de P o B.

Figura 10. Floración defectuosa del melón

- Aborto de flores y frutos recién cuajados. Muchas plantas abortan frutos para conseguir un equilibrio entre la tasa de asimilación y la distribución de asimilados, es decir para autorregularse. Esto sucede en melón de forma manifiesta. Se acentúa con estrés hídrico y nutricional.
- Rajado de frutos o *cracking*. Las causas probables son:
  - Fuertes cambios de temperatura y/o humedad relativa.
  - Temperatura y radiación elevadas.
  - Fuertes variaciones de CE a nivel de raíz (lluvia o riego de baja CE sobre suelo con elevada CE).
  - Fluctuaciones en el estado hídrico de la planta. Riegos nocturnos.
  - Período seco seguido de período húmedo.
  - Una correcta nutrición cálcica, lo minimiza.
- Frutos deformados. Las causas probables son:
  - Defectos de polinización.
  - Deficiencia de B.
- Vitrescencia. Causada por la defectuosa asimilación del Ca.
- Otras fisiopatías son: defecto de red, centro hueco, asoleado, etc.

4. Importancia económica del cultivo

Los datos de producción mundial (FAO, 2015) indican una cifra alcanzada actualmente de unos 29,4 millones de toneladas, incluyendo todos los tipos de melón y según los últimos datos actualizados de 2013 (Tabla 3).

El incremento en la última década ha sido cercano al 19 % considerado globalmente. Bien es cierto que Asia asume más del 70 % de la producción mundial y son sus fluctuaciones productivas las que gobiernan este incremento.

Tabla 3. Producción de todos los tipos de melón en el mundo. En millones de toneladas

Zona	2003	2005	2007	2009	2011	2013	%
África	1,27	1,46	1,83	2,08	2,16	2,00	6,80
América	3,48	3,66	3,80	3,46	3,77	4,00	13,59
Asia	17,60	19,14	20,61	18,53	23,75	21,30	72,45
Europa	2,32	2,38	2,43	2,27	2,05	2,01	6,83
Oceanía	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08	0,10	0,32
Mundo	**24,75**	**26,73**	**28,73**	**26,43**	**31,80**	**29,39**	

Fuente: FAO.

En este aspecto, los principales países productores se muestran en la Tabla 4.

China supone la mitad de la producción mundial, el siguiente país (Turquía) tiene una producción actual casi diez veces inferior. Por tanto, es el gigante asiático quien determina en buena parte la producción mundial. España se encuentra en el séptimo puesto con casi el 3 %, siendo, con diferencia, el más importante dentro de la UE. La presencia en este grupo de países como Egipto, Marruecos, Guatemala, Brasil u Honduras obedece a producciones para la exportación fundamentalmente a la UE o EEUU.

Datos del año 2014 cifraron en unas 23.790 ha la superficie de melón en España, con una producción de unos 750.150 t, un rendimiento medio, por tanto, de unos 3,2 kg/m^2.

Datos cerrados por el Ministerio de Agricultura en España se tienen hasta el año 2012. En la Tabla 5 se expone un resumen de superficies, rendimientos y valor económico alcanzado para el agricultor.

Tabla 4. Producción de todos los tipos de melón en los principales países productores. En millones de toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	%
China	11,79	13,05	14,21	12,22	17,26	14,40	50,0
Turquía	1,74	1,83	1,66	1,68	1,65	1,70	5,8
Irán	1,41	1,58	1,66	1,28	1,40	1,50	5,1
Egipto	0,47	0,57	0,83	0,92	1,04	1,02	3,5
India	0,71	0,64	0,79	0,81	0,95	1,00	3,4
EEUU	1,24	1,18	1,11	1,04	1,02	0,99	3,4
España	1,07	1,09	1,18	0,98	0,87	0,86	2,9
Kazajstán	0,14	0,16	0,19	0,27	0,46	0,77	2,6
Marruecos	0,55	0,65	0,73	0,89	0,78	0,70	2,4
Guatemala	0,32	0,31	0,49	0,46	0,50	0,57	1,9
Brasil	0,35	0,35	0,50	0,40	0,50	0,57	1,9
México	0,46	0,58	0,54	0,55	0,56	0,56	1,9
Venezuela	0,23	0,29	0,21	0,19	0,34	0,50	1,7
Italia	0,57	0,61	0,62	0,62	0,54	0,48	1,6
Honduras	0,21	0,21	0,20	0,23	0,33	0,29	1,0

Fuente: FAO.

Tabla 5. Superficie, producción, rendimiento y precio percibido por el agricultor en España

Zona	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Superficie (miles ha)	39,2	37,6	40,3	33,4	30,6	28,1
Producción (millones de toneladas)	1,10	1,07	1,09	1,04	0,93	0,88
Rendimiento (kg/m^2)	2,81	2,85	2,70	3,12	3,03	3,14
Precio percibido por agricultor (euros/kg)	0,24	0,30	0,31	0,42	0,37	0,27

Fuente: Magrama.

Aunque el rendimiento ha aumentado ligeramente en la última década de la que se disponen datos, tanto la superficie de cultivo como la producción se han visto disminuidas. Los precios percibidos por el agricultor, tras unos buenos años entre 2008 y 2010 han vuelto a caer a valores bajos.

En cuanto a los tipos de melón que habitualmente se contempla en las estadísticas oficiales (melones de piel lisa, tendral, cantalupos y otros), consideramos que resulta anacrónica y de difícil comparación con lo conceptos

que habitualmente se manejan en los mercados actuales. En cualquier caso, los datos correspondientes a 2012 se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Superficie, producción y rendimiento de los diferentes tipos de melón en España en 2012

Tipo	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Rendimiento (kg/m²)
Melones de piel lisa	6,3	191,9	3,05
Tendral	1,7	49,2	2,89
Cantalupos	4,3	136,3	3,17
Otros	15,9	505,5	3,18

Fuente: Magrama.

Por comunidades autónomas, los datos correspondientes a 2012 se muestran en la Tabla 7 y realmente no tienen una clara relación con las encuestas disponibles en años sucesivos.

Tabla 7. Superficie, producción y rendimiento en las principales comunidades autónomas productoras de melón en España en 2012

Comunidad autónoma	Superficie (miles de hectáreas)	Producción (miles de toneladas)	Rendimiento (kg/m²)	Total producido (%)	Superficie protegida (ha)
Castilla-La Mancha	10,38	325,3	3,13	36,8	0
Comunidad Valenciana	1,74	38,3	2,20	4,3	447
Región de Murcia	6,06	226,4	3,74	25,6	52
Extremadura	1,88	60,2	3,20	6,8	1.531
Andalucía	7,08	211,8	2,99	24,0	3.135
Total España	**28,13**	**882,9**	**3,14**		**5.272**

Fuente: Magrama.

Las principales zonas productoras en España son Andalucía (Almería, especialmente) para producciones tempranas, fundamentalmente en invernadero. A continuación entra en producción la zona de Murcia con la mayor parte de los cultivos al aire libre o con protección bajo microtúnel o manta térmica y, finalmente, Castilla-La Mancha, principalmente en la provincia de Ciudad Real.

En España la superficie dedicada al melón aumentó progresivamente hasta alcanzar el máximo histórico de 73.400 ha en 1988. Desde entonces la cifra ha ido paulatinamente disminuyendo. Los rendimientos han ido en aumento desde 1,4 kg/m^2 en 1960 hasta estar por encima de 3 kg/m^2 en la actualidad, esto es consecuencia de la introducción de mejores variedades, así como unos sistemas de cultivo más especializados que incluyen los sistemas forzados, las técnicas de fertirrigación y cultivo sin suelo, etc.

Una buena parte de estas producciones es destinada a la exportación, fundamentalmente a países de Europa. Los últimos datos definitivos ofrecidos por FEPEX corresponden al 2014 con un total 404 miles de toneladas que supusieron 256 millones de euros, siendo los países compradores más relevantes Francia (78,9 millones de euros), Alemania (54,9 millones de euros), Reino Unido (30,2 millones de euros), Países Bajos (28,2 millones de euros) y Portugal (17,6 millones de euros). Los datos provisionales de 2015 reflejan un aumento del valor de las exportaciones llegando, hasta prácticamente 435 miles de toneladas que suponen 270 millones de euros.

Por provincias, según nuevamente FEPEX, las exportaciones principales pertenecen a Murcia (209,8 miles de toneladas), Almería (73,4 miles de toneladas) y Valencia (38,4 miles de toneladas). Los datos aún provisionales de 2015 sitúan a Murcia con 230,5 miles de toneladas, con más del 53 % de la cantidad de melones exportados por España.

5. Costes de producción

Los costes de producción de melón pueden ser extremadamente variables en función del sistema de cultivo y la época de plantación. Nos centraremos en el sistema más extendido, que es el melón al aire libre, y consideremos un trasplante realizado en el mes de marzo, semiforzado con acolchado de polietileno transparente y cubierta flotante, bajo sistema de riego localizado.

Lo general es que la maquinaria empleada en labores preparatorias y terminación del cultivo sean alquiladas, disponiendo de tractor propio para labores de asurcado y maquinaria de tratamientos.

En este escenario los costes se sitúan entre 10.000 y 12.000 euros/ha. Para obtener el coste por unidad de producción (euros/kg) se considera una producción media por hectárea de 40.000 kg de melón, del que se obtiene un

resultado de entre 27 y 28 céntimos/kg de coste de producción para el agricultor, incluida la recolección y el transporte al almacén.

Referencias bibliográficas

Alarcón, A. L. (2013): *Fertirrigación práctica*. Disagro, ed. Guatemala. pp. 302.

Botía, P. (1995): *Respuesta del melón (Cucumis melo L.) al riego con aguas salinas*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

Castilla, N.; Elías, F. y Fereres, E. (1990): «Evotrasnpiración de cultivos hortícolas en invernadero en Almería»; *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal* 5(1); pp. 117-125.

Dane, F. y Tsuchiya, T. (1976): «Chromosome studies in the genus Cucumis»; *Eupthica* (25); pp. 367-374.

Deulofeu, C. (1997): «Situación y perspectivas del melón en el mundo»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 21-24.

García-Jiménez, J. (1997): «Enfermedades del melón causadas por hongos y nemátodos»; *Compendios de Horticultura* (10); Ediciones de Horticultura SL; pp. 131-139.

Gómez-Guillamón, M. L.; Camero, R. y González-Fernández, J. J. (1997): «El melón en invernadero»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 67-77.

Jordá, C. (1997): «Enfermedades virales del melón»; *Compendios de Horticultura* (10). Tarragona. Ediciones de Horticultura SL; pp. 141-152.

Maroto, J. V. (1995): «Botánica, fisiología y adaptabilidad del melón»; *El cultivo del melón*. Fundación Cultural Caja Rural de Valencia; pp. 13-17.

Maroto, J. V. (1997): «Calendarios de producción en melón»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 51-57.

Münger, H. M. y Robinson R. W. (1991): *Nomenclature of Cucumis melo L. Cucurbit Genet. Coop. Report* (14); pp. 43-45.

Navarro, V. (1997): «La búsqueda de la larga vida en el melón»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 35-40.

Odet, J. (1985): *Le melon*. Centre Technique Interprofessionel des Fruits el Legumes (CTIFL); pp. 159-205.

Rincón, L. (1991): «Fertirrigación en cultivos hortícolas. El agua y los fertilizantes. Fertirrigación localizada»; *Serie Congresos* (3). Madrid, Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia. Editor científico R.; pp. 223-239.

Rincón, L. (1997): «Fertilización del melón en riego por goteo»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 85-93.

Rincón, L. y Giménez, M. (1989): «Fertirrigación por goteo del melón»; *Fertilización-FESA* (105); pp. 55-56.

Rodríguez, M. D.: Téllez, M. M. y Rodríguez, M. P. (1997): «Plagas del melón»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 113-130.

Torres, J. M. (1997): «Los tipos de melón comerciales»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 13-19.

Páginas web

www.fepex.es

www.magrama.gob.es

www.faostat.fao.org

Calabacín

Josefa López Marín
IMIDA

1. Introducción

El calabacín parece tener su origen más remoto en Oxaca (México), situándolo en el paraje de la cueva de Guilá Naquitz, atribuyéndosele a esos vestigios de 8 a 10.000 años de antigüedad. Tras el descubrimiento de América es traído a Europa, y en 1550 hay referencias de su presencia en algunos herbarios. Después, tras cruzamientos realizados entre cultivares mexicanos y estadounidenses, aparecieron unos tipos que se extendieron por el norte de África y el Oriente Próximo. Los tipos que hoy en día conocemos parecen tener su origen en los llamados *cocozelle*, originarios del sur de Europa (Ruiz, 2000), con frutos largos y grandes, de color verde oscuro surcado por bandas longitudinales de tonalidades difusas color crema, similares a los tipos *marrow* actuales.

2. Características botánicas (taxonomía, morfología y fisiología)

2.1. Taxonomía

El calabacín pertenece botánicamente a la familia de las cucurbitáceas, especie *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* var *condensa* Bailey o var. *melopepo* Alef.

2.2. Morfología

El sistema radicular de esta planta herbácea anual de porte rastrero y crecimiento indeterminado es más extenso y profundo cuando se practica el cultivo con siembra directa. Este es poco profundo, desarrollándose en el horizonte más superficial del suelo en 1 m de profundidad. Este sistema está formado por una raíz principal, axonomorfa, de grandes dimensiones en relación con el tamaño de las raíces secundarias cuyos primordios se distribuyen, además, por la superficie de los entrenudos, pudiendo ser adventicias si el tallo

descansa en contacto con el suelo humedecido. Su crecimiento es rápido y de amplio desarrollo.

El tallo principal se desarrolla a partir del de la plántula, ramificándose en otras especies, pero no en este caso, aunque si se suprime el meristemo terminal se suele dividir. Su crecimiento es casi determinado, alcanzando alrededor de 1 m de longitud, aunque depende de la variedad. En este tallo relativamente corto, sinuoso y grueso, de sección casi cilíndrica y cuya superficie está cubierta de formaciones pilosas, que lo hacen áspero al tacto, se sustenta el conjunto de los restantes órganos de la planta como hojas, flores y zarcillos, que se distribuyen por los distintos entrenudos cortos que tiene. Los zarcillos crecen próximos al pedúnculo floral, pudiendo alcanzar entre 10 y 20 cm, apareciendo en número variable.

En el tallo se insertan las hojas, que son grandes, palmeadas y con el borde aserrado, las cuales presentan el haz glabro y el envés de tacto irritante provocado por celdas pilosas cortas y agudas que se distribuyen abundantemente a lo largo de las nerviaciones que recorren el limbo; dichas nerviaciones, una por cada lóbulo de la hoja, se ramifican en la proximidad de cada uno de ellos. Los pecíolos son largos, huecos y también recubiertos de vellosidades irritantes al tacto. Su color, que oscila del verde claro al verde oscuro, a veces se ve matizado por manchas blanquecinas.

Las flores, monoicas, se abren y cierran a diario, y presentan: las masculinas, un pedúnculo largo y delgado que puede llegar a los 40 cm y las femeninas, grueso y corto. Las primeras son de mayor tamaño. Ambas son solitarias, atractivas y acampanadas, individuales y axilares, con coloraciones que van del amarillo al naranja. Con cáliz zigomorfo, dotado de 5 sépalos verdes y agudos. La corola, actinomorfa, está formada por 5 pétalos. El ovario es ínfero y tricarpelar, trilocular y alargado. Los tres estilos que poseen aparecen soldados por su base, siendo independientes a la altura de la unión con el estigma. Las flores masculinas muestran 3 estambres soldados. El pedúnculo floral es de sección poligonal, más bien pentagonal, siendo su diámetro inferior al transversal del fruto.

El fruto es una baya, en forma de pepónide carnoso, sin cavidad central, unilocular, normalmente alargado y cilíndrico, y algo mazudo en su extremo apical, tiene la epidermis lisa y muy delicada. Su color puede ser verde, en diversos tonos (blanco, amarillo, jaspeado, reticulado, etc.). Algunos cultivares pueden ofrecer formas distintas (redondas, achatadas y verrugosas), son los llamados «patisson», que pertenecen a la forma botánica *clipeiformis* Bailey.

Es de recolección inmadura para su comercialización y consumo, para evitar el endurecimiento de su epicarpio, la presencia de bastantes semillas y que adquieran gran tamaño.

Las semillas son ovales y alargadas, con más de 1 cm de longitud y un extremo agudo, son lisas y con un borde asurcado que recorre todo su perímetro y de color blanco marfileño.

Figura 1. Flor femenina en antesis completa y masculina (a la derecha) semicerrada

Figura 2. Planta adulta con todos sus órganos

2.3. Fisiología

Sus exigencias en temperatura son limitadas, tolerando mejor las bajadas térmicas que otras especies como *C. moschata* o *C. mixta*, aunque es muy sensible a las heladas, resistiendo mejor las altas temperaturas que otras cucurbitáceas cultivadas como melón, sandía y pepino. Su cero vegetativo se encuentra alrededor de 8 ºC. Para germinar la semilla se necesitan mínimos térmicos de 15 ºC, teniendo su nivel óptimo entre 25 y 35 ºC. En cuanto al crecimiento se produce adecuadamente en ambientes que se encuentran entre 18 y 25 ºC. La floración es propiciada por temperaturas de 25 ºC durante el día y 20 ºC por la noche, lo que le hace un cultivo adecuado al aire libre durante casi todo el año en latitudes mediterráneas, a excepción del invierno e inicios de la primavera.

Las necesidades higrométricas pueden considerarse como medias, desarrollándose bien la planta con niveles de humedad comprendidos entre el 65 y el 80 %. Es sensible a los encharcamientos tanto en la fase de germinación de las semillas en la siembra directa como en la de cultivo, por lo que debe cuidarse este aspecto en terrenos que percolen el agua con dificultad. También los períodos largos de humedad pueden entorpecer la polinización de las flores. Por el contrario, cuando no se cubren sus exigencias mínimas se avoca a problemas de desecación de tejidos, reducción del crecimiento de la planta y caída de flores, al no fecundarse adecuadamente.

Figura 3. Maculación en hojas típica de la especie

En cuanto a necesidades lumínicas, demanda niveles elevados y amplios, por lo que su cultivo al aire libre es propio de regiones que gozan de esos gradientes, como es el sudeste español. Los días largos y las temperaturas elevadas inducen una mayor aparición de flores masculinas y por el contrario los cortos y temperaturas bajas, la mayor presencia de flores femeninas. Por otro lado existe una relación de proporcionalidad entre la radiación recibida por la planta y su comportamiento productivo, habiendo de prever este aspecto para fijar la densidad de plantación según el ciclo de cultivo a realizar.

2.4. Suelos

Aunque es una planta no muy exigente en calidad del suelo, adaptándose bien a todos, incluidos los arenosos, evoluciona mejor en los francos, con horizontes profundos. De lo que sí tiene grandes requerimientos es de materia orgánica, acompañada por un alto nivel de nutrientes.

En cuanto a su acidez, puede tolerar niveles de hasta 5,5 unidades de pH, siendo mejor su comportamiento en suelos ligeramente ácidos. La proximidad a la alcalinidad en el suelo le hace proclive a sufrir fenómenos carenciales.

La respuesta a la salinidad, tanto del suelo como del agua, es intermedia, siendo menos tolerante que melón y sandía, pero más que pepino.

2.5. Agua

Es exigente en agua para la obtención de elevados rendimientos, sobre todo a partir del cuajado y la formación de los primeros frutos, aunque no necesariamente para la calidad de los frutos. Para ello debe tenerse en cuenta que en la solución del suelo, tras la fertirrigación, los pH que se deban alcanzar estarán entre 5,5 y 6, aunque pueda ampliarse a un intervalo entre 5 y 7.

En cuanto a la conductividad eléctrica en que se puede cultivar, está por encima de la del pepino pero por debajo de las de melón y sandía.

3. Cultivo

3.1. Ciclos de cultivo

Al aire libre, en condiciones climáticas de tipo mediterráneo, los ciclos de cultivo que se realizan están en función de las temperaturas mínimas habitua-

les en esas zonas, y que estas se encuentren entre 8 y 10 ºC. En los ciclos más precoces se recomienda utilizar el trasplante con plantas de cepellón en vez de utilizar siembra directa, ya que el período de desarrollo inicial se produce en el invernadero donde están protegidas. También la utilización de semiforzados, como el tunelillo no visitable y el acolchado con siembra directa, o el tunelillo y la cubierta flotante en el trasplante con plántula pueden permitir en los primeros ciclos, de final de primavera, el tener una producción precoz de calidad y competitiva en los mercados exteriores.

Los ciclos medios, de verano, son los de mejor comportamiento de la planta y los más económicos en tecnología de cultivo, aunque la presión de las plagas se incremente y haya una presencia masiva de producto en el mercado.

Por último, los ciclos tardíos tienen el inicio del cultivo al final del verano, partiendo con plantas procedentes de cepellón, limitándose su fructificación con la aparición de los primeros fríos. Estos cultivos tienen problemas añadidos importantes en el aspecto sanitario, con la mayor incidencia de enfermedades provocadas por hongos y virus y, en el climático con las lluvias torrenciales que las posibles gotas frías pueden desencadenar y que no solo perjudican a las plantaciones con sus excesos pluviométricos sino que, además, con la violencia con la que se abaten, destrozan la parte aérea de la planta.

3.2. Material vegetal

Todas las variedades de polinización abierta e híbridos proceden de cruzamientos entre especies de *Cucurbita pepo*, constituyendo la base del material genético actual, siendo el resultado de las hibridaciones realizadas en sus orígenes en el sur de Europa, habiéndose extendido el cultivo posteriormente a todos los países que disfrutan de un clima cálido. Para el cultivo en invernadero hay un uso casi exclusivo de híbridos F1, mientras que para aire libre la elección es indeterminada, dependiendo de otros factores.

El material vegetal más antiguo, constituido por variedades de población, está cayendo en desuso, siendo utilizado solo en pequeños entornos, con destino al autoconsumo y para uso agrícola no comercial. Este material vegetal tradicional tiene una baja productividad, así como una conducta más irregular, lo que le hace de menor aprovechamiento para una explotación agrícola tanto al aire libre como en invernadero.

También hay un grupo de variedades seleccionadas no híbridas, algunas ya abiertas, que se han cultivado con prodigalidad, y de mejor comportamiento que las anteriores. Entre ellas se cultivaban 'Nova', 'Precoce', 'Maraichere', 'Redondo de Niza' y 'Verde de Argel' (Ruiz, 2000). De ellas solo hay constancia comercial de las dos últimas para su uso actual al aire libre.

Las variedades más utilizadas actualmente son 'Brillante' (Fito) y 'Zaina' (Ramiro Arnedo), aunque hay un amplio abanico entre las cuales se encuentran otras variedades aconsejadas para esta modalidad de cultivo como son 'Afrodite', 'Black Beauty' o 'Belleza Negra', 'Galactée', 'Galilée', 'Lawadissa', 'Marisma', 'Nieves', 'Nivaria', 'Radiant', 'Zodiac', 'Zumbón', etc. (Marín, 2015).

Entre los híbridos comerciales F1 para trasplante al aire libre, susceptibles también de ser usados en invernadero, se ofertan: 'Alexander', 'Amalia', 'Amalthée', 'Aymarán', 'Bahía', 'Blas', 'Brandy', 'Cronos', 'Dynasty', 'Gioconda', 'Gloria', 'Greyzini', 'Joanna', 'Lanka', 'Marwan', 'Mastil', 'Mikonos', 'Mirza', 'Mora', 'Natura', 'Naxos', 'Óptima', 'Parador', 'Precioza', 'Prometheus', 'Sabaudio', 'Senator', 'Sinatra', 'Skandia', 'Superba', 'Top Kapi', 'Venus', 'Vesul', 'Vesuvio', 'Victoria', 'Vitulia', 'Yolanda', 'Zafiro', 'Zaino', etc. (Marín, 2015).

Con relación al color de la corteza de los frutos se pueden agrupar en verdes definidos (variedades de polinización cruzada e híbridos) como: 'Apus', 'Bambino', 'Bareqet', 'Belor', 'Berula', 'Black Beauty', 'Blas', 'Bravura', 'Brillante', 'Calnegre', 'Canela', 'Capea', 'Celeste', 'Cronos', 'Dynasty', 'El Zar', 'Elena', 'Emeraude', 'Gloria', 'Hight Ball', 'Igor', 'Kasos', 'Kojak', 'Laria', 'León', 'Marisma', 'Midnight', 'Milenio', 'Mistral', 'Mora', 'Natura', 'Onix', 'Perseo', 'Pixar', 'Pulsar', 'Radiant', 'Satelite', 'Tecla', 'Tinia', 'Tocón', 'Tuscani', 'Zaino', 'Zodiac', 'Zumbón', etc.

En tonos verdes oscuros medios pueden citarse: 'Asso', 'Chapin', 'Cigal', 'Epoca', 'Espada', 'Lanka', 'Mirza', 'Otelo', 'Patriot', 'Platinum', 'Precioza', 'Prometheus', 'Sabaudio', 'Serrano', 'Sinatra, 'Venus', 'Vesul', 'Victoria', 'Vitualia', etc.

Entre los verdes medios se encuentran: 'Afrodite', 'Alexander', 'Alfara', 'Bahía', 'Brandy', 'Casiopée', 'Lorca', 'Defender', 'Diamant', 'Dynamic', 'Eight Ball', 'Elite', 'Geode', 'Green Bush', 'Gulliver', 'Mastil', 'Mikonos', 'Monitor', 'Senator', 'Taylor', 'Tempra', 'Tosca', 'Wrangler', 'Yolanda', 'Zafiro', etc.

En tonalidades verde claro se ofrecen: 'Albillo', 'Amalia', 'Amalthée', 'Atlantis', 'Aymarán', 'Bellaclara', 'Betka', 'Casablanca', 'Clarabella', 'Clarita',

'Denice', 'Galactée', 'Galilée', 'Greyzini', 'Héroe', 'Jericho', 'Lawadissa', 'Lucero', 'Maayan', 'Marcado', 'Nieves', 'Nivaria', 'Rocío', 'Romina', 'Redondo de Niza', 'Shorouq', 'Start Green', 'Temprano de Argelia', 'Top Kapi', 'Triade', 'Verde de Argel', etc.

En color blanco están: 'Blanco Precoz Medular', 'Blanco Medio Largo', 'Caliph', 'Jedida', 'Joanna', 'Lucía', 'Skandia', 'Suha', 'Tajinaste', etc.

Entre los de color amarillo se pueden citar a: 'Goldine', 'Goldy', 'One Ball', 'Orella', 'Parador', 'Primor', etc.

En otros tipos que no presentan el color uniforme y tienen bandas longitudinales más claras, tipos *marrow* se encuentran: 'Badger Cross', 'Bush Baby', 'Tiger Cross', 'Zebra Cross', etc.

Tanto los híbridos como las variedades de polinización abierta en general suelen poseer frutos cilíndricos, pero también pueden existir otras formas de tipo abombillado, caso del cultivar 'Tajinaste', o redondos como 'Floridor', 'Galilée', 'Gioconda', 'Hight Ball', etc.

3.3. Tecnología de cultivo

En el cultivo al aire libre existen algunos condicionantes agronómicos que no se dan en cultivo protegido por lo que la producción no es tan regular, aunque como el mercado de destino de la producción es menos riguroso en calidad, esto puede soslayarse obteniéndose buenos rendimientos productivos, ya que su precio menor por kilo lo exige para equilibrar los ingresos con los costes de inversión del cultivo, aunque estos tampoco son demasiado elevados.

3.4. Siembra

La siembra directa se mantiene aún en los cultivos de huerta y los ciclos medios con producción en verano, más dirigidas al mercado interior y venta en «plaza». Para ello se utiliza como material vegetal, preferentemente, variedades libres de uso genérico y tradicional.

La siembra se puede hacer en caballón, cubierto tras situar las semillas con un acolchado transparente de polietileno, de 18 micras de espesor y 1 m de ancho. Las semillas, en número de 2 a 3, se colocan en pequeñas oquedades bajo el filme, para que sea más fácil romper la costra de suelo. Una vez que las semillas han germinado y el hipocotilo puede tocar el plástico, se le hacen unas

incisiones para evitar que la plántula se queme por un lado y para regular un poco mejor las condiciones de temperatura y humedad en torno a las plantas.

Cuando las plántulas tienen 2 o 3 hojas verdaderas, se aclaran los golpes y se deja solo una. Un marco de siembra utilizado habitualmente es de 1 a 1,2 m entre centros de caballones, y de 0,8 m entre golpes de siembra, quedando dispuestos al tresbolillo.

3.5. Trasplante

Marcos de plantación

Después de preparar el terreno definitivo, en llano o en caballones, se distribuirán las mangueras de riego localizado, si es que se emplea este sistema de riego, y se acolchará por encima de ellas, si se utiliza el semiforzado en el cultivo, y a continuación se procederá al trasplante. Para ello se hace una incisión en el plástico con el plantador y se clava en el suelo, haciendo un pequeño agujero donde se coloca la plántula, aporcándola ligeramente hasta por debajo de los cotiledones. Dicha plántula, con tres hojas verdaderas, tendrá un buen desarrollo radicular también, mostrando un cepellón compacto. Seguidamente, si se va a utilizar el semiforzado completo, se situarían los arquillos y su cubierta de polietileno transparente o, en su defecto, de polipropileno si es que este no se coloca como cubierta flotante.

Figura 4. Plántula desarrollada en bandeja de semillero

Los marcos de plantación utilizados al aire libre serán más amplios en los períodos de baja iluminación, inicios de primavera y otoño, y más estrechos en los de verano, donde las plantas reciben mayor radiación. Pero, en general, estarán conformados por 1 a 1,5 m entre líneas de cultivo de plantas, y por 0,8 a 1,0 m entre plantas.

3.6. Semiforzado

Como ya se ha comentado se coloca antes y después del trasplante. En ciclos de primavera y de otoño se puede usar *film* transparente para incrementar la inercia térmica del suelo, siempre que se pueda hacer un buen control de las malas hierbas, mientras que en verano se recomienda usar colores oscuros, precisamente para controlar la flora arvense. Estos acolchados se disponen a lo largo de la línea de plantas, dejando pasillos de tierra entre ellos. Sus espesores son de 15 a 18 micras y normalmente se pone polietileno.

Para la cubierta superior es muy utilizado el polietileno transparente de 50 micras y en el caso de utilizar agrotextil, habitualmente se coloca tejido discontinuo de polipropileno, Agril 17, tanto sobre estructuras como dejado caer sobre las plantas. Es importante controlar el crecimiento de las plantas y la aparición de las flores, ya que estas protecciones dificultan la polinización por parte de la entomofauna de la zona.

Figura 5. Plantación al aire libre con semiforzado: acolchado de polietileno

Figura 6. Plantación al aire libre con semiforzado: microtúnel abierto con polipropileno no tejido

3.7. Tutorado

Al ser una planta rastrera, y si además el crecimiento es rápido no permitiendo el endurecimiento del tallo, no le viene mal en estas primeras fases disponer de un pequeño tutor que alce la planta del suelo y permita su desarrollo y aparición de los distintos órganos, hojas, flores y frutos de forma más libre y ordenada. También, cuando los primeros frutos van tomando tamaño no contactan totalmente con el suelo y no se raya su epidermis, evitando daños, pérdida de calidad y que se deprecien.

El tutor puede ser un soporte vertical, como una caña o clavilla, pero consistente, de unos 0,5 m y que se ata a la planta en sentido opuesto al que crece el tallo para poder levantarlo ligeramente. Este se clava a unos 5 o 10 cm de la planta a la que se une, usando hilo de rafia, siendo atado a la planta con un lazo corredizo que permita ir cambiando la situación de este atado conforme vaya creciendo el tallo, hasta que la planta tenga un tamaño determinado.

3.8. Limpieza de órganos no aprovechables: hojas, flores y frutos

Conforme se va produciendo el crecimiento de la planta pueden suprimirse las hojas viejas que ya no realizan ninguna función y, al mismo tiempo

que se limpian, se pueden suprimir los tallos secundarios y aquellas flores marchitas ya pasadas que, al caer al suelo o incluso en la planta, constituyen un medio muy adecuado para la proliferación de enfermedades aéreas producidas por hongos. También se van eliminando aquellos frutos malformados o afectados que no van a tener valor comercial.

3.9. Polinización

Ante una ausencia importante de fecundación de flores se puede practicar la polinización manual, frotando flores masculinas a las femeninas, lo que supone un elevado coste de cultivo, o potenciar la presencia de insecto, abejas y abejorros, con la gran dificultad que supone el hacerlo al aire libre.

3.10. Malas hierbas

Al ser bastante anchos los marcos de plantación, y aunque existan herbicidas potencialmente utilizables, el control de la flora arvense se puede hacer con escardas mecánicas, por la holgura que existe entre las líneas de plantas, o bien manualmente. También la utilización de acolchados con polietileno negro, de 15 micras de espesor, es muy habitual y efectiva.

3.11. Riego y fertilización

A la manera tradicional sería el riego a manta, de uso más reducido, o por surcos, pero en la actualidad se está utilizando mucho el riego localizado. En el caso de optar por el goteo, se usan mangueras de polietileno de color negro, diámetros 16/18 y con una distancia entre emisores de 0,80 a 1,00 m. La manguera se separa unos 10 cm de la línea de plantas para no mojar el cuello directamente y que la planta crezca en el bulbo húmedo formado. Se puede hacer una roza paralela a las líneas de plantas para facilitar la formación de una banda húmeda y evitar el encharcamiento en la zona de algunos goteros.

Su gran demanda de agua exige riegos periódicos con bastante continuidad, aunque no de caudal abundante, debiendo tener en cuenta para su programación la textura del terreno donde se implanta el cultivo. Se darían de 2 a 3 riegos semanales localizados, estimándose un volumen total medio de agua usada por ciclo de cultivo de unos 4.000 m^3/ha. Aunque este volumen medio dependerá de diversos condicionantes, como la naturaleza del suelo, época de

desarrollo del ciclo de cultivo, etc. Y también de factores como semiforzados con los que se cuente en el cultivo, si se hace siembra directa o trasplante, fase de crecimiento en la que se encuentre la planta, etc.

Como es una planta de comportamiento esquilmante se deberá tener en cuenta cuando se vaya a programar el cultivo siguiente. Por su crecimiento rápido y vigoroso, así como por su alta producción, demanda una fertilización abundante. Es exigente en materia orgánica, por lo que responde bien a las estercoladuras y a los abonos nitrogenados, debiendo aportar estos de forma fraccionada y sostenida para que la planta produzca de forma continua, lo que facilita el uso del riego localizado.

Las recomendaciones medias de fertilizantes por ciclo de cultivo al aire libre pueden estimarse en 150 kg de N, 60 a 100 kg de P_2O_5 y de 100 a 120 kg de K_2O. Otras indicaciones señalan que para conseguir rendimientos de 80.000 a 100.000 kg/ha es necesario aplicar de 200 a 225 kg de N, 100 a 125 kg de P_2O_5 y de 250 a 300 kg de K_2O, lo que equivaldría aplicar un equilibrio, 2-1-2,5.

Los problemas de carencias pueden ser resueltos con fertilizaciones foliares, ya que si no responde muy bien a pulverizaciones de N, P o K, sí lo hace con las soluciones de micronutrientes.

Carencias

Entre los problemas generales que tienen las cucurbitáceas en este aspecto se encuentran la insuficiencia de calcio en frutos, que puede ser originada por una deficiente translocación del calcio, pero también, y sobre todo en el área mediterránea, por otros factores que influyen en su transporte a los frutos, como las elevadas temperaturas, humedades bajas y salinidad, que provoca la podredumbre del ápice del fruto y que está asociada también con problemas previos de estreses hídricos, que aceleran la presencia de esta fisiopatía.

Las deficiencias de magnesio son menos importantes en calabacín que en otras especies de la familia, siendo proclives en suelos arenosos dotados de pH ácido o en los que se determinan contenidos inferiores del microelemento a 70 ppm. Se manifiesta con decoloraciones foliares internerviales, que en grado máximo, evolucionan y desestructuran la hoja descomponiéndola.

La carencia de molibdeno, que es un problema muy importante en melón, parece no perjudicar el crecimiento de la planta de calabacín.

Aunque también repercute menos en calabacín, la fitotoxicidad por manganeso puede producirse en suelos pesados, ácidos, con pH de 5,8 o inferiores, en cuyo caso, la liberación de este microelemento es muy rápida, produciendo un microperforado en la hoja que se aprecia al trasluz; estas pequeñas depresiones se unen y se tornan en manchas necróticas mayores, pudiendo confundirse con los síntomas de alguna enfermedad criptogámica.

3.12. Perfil epidemiológico

El calabacín presenta una problemática fitosanitaria media de un cultivo al aire libre, en que las estrategias de lucha habituales pueden ofrecer un gran control y soluciones adecuadas, a excepción de las enfermedades producidas por virus que, con algunos de sus vectores como pulgones y mosca blanca, las hacen muy difíciles de controlar, y a las que se ha incorporado recientemente el virus Nueva Delhi, que con su vector, la mosca blanca *Bemisia tabaci*, constituyen casi un factor limitante del cultivo. De aquí que las compañías productoras de cultivares tengan gran empeño en introducir tolerancias a estos virus en los híbridos de última generación, material vegetal que se usa casi exclusivamente en invernadero, lo que hace que las variedades que se utilizan al aire libre tengan aún más riesgo de infección.

Figura 7. Ataque de mosca blanca

3.13. Plagas

Como cualquier cultivo al aire libre, la aparición de orugas aéreas debe ser más vigilada que en invernadero por la mayor dificultad que conlleva su control. Así *Spodoptera exigua* Hubner y *S littoralis* Boisduval, *Heliothis armigera* Hübner y *H. pertigera* Dennis y Schiff, *Chrysodeixis chalcites* Esper, *Autographa gamma* L., etc. pueden atacar al cultivo. Pudiendo identificarlas, entre otras particularidades, por la forma en la que se hacen las puestas de huevos, en plastones en todas las especies del género *Spodoptera*, y de forma aislada en el resto de orugas. También el lugar donde se localiza el daño en la planta puede identificarlas, de tal manera que *Spodoptera* afecta a la vegetación y frutos, *Chrysodeixis* destruye la vegetación, *Heliothis* deprecia los frutos y daña los tallos y *Ostrinia*, los tallos y meristemos terminales, pudiendo cegar a la planta.

Entre los ácaros, la araña roja (*Tetranychus urticae*) es el de mayor presencia. Aparecen en períodos de baja humedad ambiental y con temperaturas altas. Su alimentación de la savia de las hojas provoca clorosis, que en ataques severos causa la defoliación de la planta.

En lo referente a las moscas blancas, tanto *Trialeurodes vaporariorum* como *Bemisia tabaci* se encuentran presentes en el cultivo, localizándose en el envés de las hojas. Estas empiezan a amarillear tras succionarles sus jugos vasculares, al alimentarse de ellas, decayendo la planta finalmente. Como efecto colateral se produce la colonización de la superficie de la planta por el hongo *Fumago* sp., conocido como «negrilla», el cual dificulta la llegada de la radiación a la planta, al ensuciar su superficie. Además, las exudaciones de estos homópteros, muy pegajosas, deprecian a los frutos y reducen la producción final. Y no menos importante es el papel que tienen estos insectos como vectores transmisores de virus, siendo *Bemisia* vector del peligrosísimo virus Nueva Delhi.

Pulgones como *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, también dañan el cultivo causando efectos similares a los anteriormente descritos, alimentándose igualmente de la savia de las hojas, aunque preferentemente en los primordios vegetativos, deformando las hojas jóvenes al afectar sus tejidos. También tienen una acción añadida muy importante como vectores de varias virosis.

Entre los trips, *Frankliniella occidentalis,* que ataca en sus distintas fases evolutivas al calabacín, se situa en el interior de las flores y en el envés de la hoja, desecándolas y dejando unas placas plateadas, que posteriormente se necrosan. Además de estos daños, el de más transcendencia lo ocasiona al ser portador de la virosis del bronceado del tomate (TSWV).

Entre las plagas más reseñables del calabacín tenemos a los minadores de hoja, tal como a *Liriomyza trifolii* Burges, *Liriomyza brioniae* y *Liriomyza huidobrensis*, los cuales reducen la superficie foliar con sus galerías disminuyendo su capacidad fotosintética al bajar la absorción de la radiación solar. El tipo de galería que hacen es específico de cada especie.

Para el control fitosanitario de estas plagas, en la comunidad autónoma de Andalucía recomiendan diversas materias activas para el cultivo en producción integrada (BOJA, 2013). Entre ellas, para el control de orugas aéreas cuentan con azadiractín, *Bacillus thuringiensis* var. *Aizawai* y *B t* var. *Kurstaki*, en general; especificando, tebufenocida para *Spodoptera*, en estados larvarios L-1 y L-2 e indoxacarb, entre otros. Contra araña roja se puede utilizar azadiractín, azufre, abamectina, etc., debiendo considerar que estos pesticidas eliminan la fauna auxiliar y que, antes de aplicar un tratamiento generalizado, se deberán controlar los focos iniciales y ver cómo evolucionan. En este mismo ámbito, los pulgones se tratan con acetaprimid, piretrinas, pirimicarb, etc., comenzando igualmente los tratamientos por los focos localizados. Para mosca blanca se utiliza piridaben, piriproxifen, tiametoxan, este último solo a través del riego, etc. Los trips son combatidos con piretrinas, spinosad, etc. Contra minadores se puede aplicar, abamectina, ciromazina, piretrinas, etc.

Figura 8. Minadores de hoja

3.14. Enfermedades

Cabe destacar entre las enfermedades las producidas por hongos y por virus. Entre las primeras, oídio y un par de podredumbres son las más significativas.

El oídio de las cucurbitáceas, *Sphaeroteca fulginea* Schelecht, se manifiesta en forma de manchas blancas pulverulentas, más o menos redondeadas que se distribuyen por el haz y el envés de las hojas, adquiriendo una tonalidad clorótica, así como por todos los órganos de la planta en infecciones graves (Zitter *et al.*, 2004). Como lucha preventiva se deben controlar todos los hospedantes próximos a la plantación para que el viento no traslade el inóculo al cultivo. Su óptimo reproductivo se encuentra a 26 ºC de temperatura y 70 % de humedad relativa, produciéndose sus mayores infecciones con estas condiciones, aunque desde los 10 ºC el hongo es activo. Además controles fitosanitarios a base de azufre pueden paliarlo. El orientar las líneas de cultivo en la dirección de los vientos dominantes de la zona ayuda a reducir las infecciones.

La podredumbre gris, provocada por *Botrytis cynerea* Pers, puede infectar cualquier parte de la planta, traduciéndose en la aparición de manchas pardas en los tejidos menos suculentos como tallos y hojas y pudriendo los más carnosos, como los frutos. En todos los casos se aprecia una ligera pelusa de color gris sobre la zona del daño, que es lo que le da su nombre coloquial. En este cultivo, las variedades que no presentan una fácil abscisión de la corola marchita, manteniéndolas adheridas al pistilo, son muy proclives a estas infecciones, ya que los pétalos en su marchitez son un medio ideal para su multiplicación. Como su infección procede de inóculos de restos de cultivo y de otras especies compatibles es importante tener un buen control de ellos, sobre todo en ambientes térmicos entre 17 y 23 ºC y una humedad relativa del 95 %. Por eso, los restos de poda y limpieza deben ser eliminados de la parcela y los cortes que se practiquen en estas operaciones y en la recolección, deberán ser lo más limpios posibles para reducir las puertas de entrada a la infección.

La podredumbre blanca, *Sclerotinia sclerotiorum* Lib., también se puede localizar en varios órganos de la planta y, en el caso de infectarse los tallos principales, pueden eliminar hasta la misma planta. En las áreas afectadas se ve una pelusa blanca, en cuyo interior se encuentran unos pequeños corpúsculos del tamaño de un grano de arroz, que son los órganos de reproducción, los esclerocios, blancos al principio, que se tornan negros en la madurez; estos se encuentran en el suelo y en condiciones de temperaturas suaves y humedad relativa alta potencian su infección.

También las enfermedades del calabacín producidas por hongos, en la comunidad autónoma de Andalucía y en régimen de producción integrada, son combatidas con diversas materias activas (BOJA, 2014). Por ejemplo, en oídio se aconseja tratar con azufre, ciproconazol, tetraconazol, etc. Contra *botrytis*, dietofencarb, fenpirazamina, etc. *Sclerotinia* puede tratarse con ciprodinil + fludioxonil, tebuconazol, etc.

Con relación a las enfermedades producidas por virus, que son las más peligrosas para este cultivo, las más frecuentes son: mosaico amarillo del calabacín (ZYMV), que afecta a hojas y frutos; mosaico del pepino (CMV), que deforma los órganos de la planta y mosaico de la sandía (WMV), que reduce la superficie del limbo de las hojas, agudizándolas, etc. Y todos estos casos tienen el denominador común de que son transmitidos por la picadura de los pulgones.

A estas se les ha sumado recientemente el geminivirus del rizado del tomate Nueva Delhi (ToLCNDV) (Juárez *et al.*, 2014), cuyos daños son tan importantes en toda la planta que puede constituirse como un factor limitante potencial para la realización del cultivo; este virus tiene a la mosca blanca *Bemisia tabaci*, como insecto vector conocido (Juárez *et al.*, 2013); además de ello, parece tener numerosas especies vegetales como hospedantes, dentro de las familias de cucurbitáceas y solanáceas. Para aliviar la presión de esta enfermedad virótica se ordenan, por parte de la Administración, la ejecución de ciertas prácticas sanitarias como mantener la higiene en las parcelas de cultivo, limpiando restos vegetales de otros anteriores y de vegetación, por lo menos 3 semanas antes de realizar el trasplante y, entre cultivos sucesivos, también eliminar las plantas virosadas que se vayan encontrando, tratándolas previamente con un adulticida para mosca blanca, y tras su arranque, no abandonarlas en la parcela sino retirarlas en bolsas para eliminarlas controladamente. Otras medidas son reducir los niveles poblacionales de mosca blanca, interrumpir el crecimiento de plantas hospedantes, los meses de diciembre, enero y febrero, limpiar de malas hierbas todos los alrededores de la parcela de cultivo, y aquellas infectadas, y las que muestren presencia de insectos vectores (Monserrat y Lacasa, 2014).

Al ser comunes estas incidencias tanto en cultivo protegido como al aire libre, también se pueden plantear estrategias de lucha de producción integrada, teniendo especial prevención y respeto a la fauna auxiliar existente o soltada en la zona, por lo que los tratamientos fitosanitarios serán programados con una antelación mínima de 15 días. Rotaciones empleando alternativas vegetales adecuadas pueden ser de gran ayuda.

Figura 9. Planta afectada por virus de Nueva Delhi

Al igual que ya hay germoplasma al que se le ha introducido ciertas resistencias a enfermedades producidas por hongos, como el oídio, también se está trabajando en la mejora genética para incorporar tolerancias a enfermedades producidas por virus como el ZYMV y WMV, ya que en este caso no existen resistencias genéticas totalmente efectivas.

3.15. Fisiopatías

Hojas y frutos plateados aparecen tras los ataques de mosca blanca, deteniendo su crecimiento e imprimiéndoles un color verde claro. Ello parece estar motivado por la presencia de un factor toxicogénico introducido en la planta por las ninfas del insecto.

La aparición de frutos deformados, agudizados por el extremo apical, es el resultado de someter al cultivo a condiciones ambientales adversas de temperatura, humedad relativa y de estrés hídrico, aunque también puede ser una reacción de la planta a determinados tratamientos fitosanitarios.

El corrimiento de frutos se produce cuando el cultivo está mal regulado, ya que la planta no tiene vigor suficiente para propiciar el desarrollo normal de frutos comerciales, escupiéndolos la planta aún sin estar formados. Por el contrario, si la planta crece muy vigorosa se puede producir el rajado de frutos.

Los problemas de fecundación de las flores conllevan que los frutos generados no se desarrollen rectos y que se curven por su mitad.

Ciertos estreses o una maduración acelerada producen el incremento de los niveles de cucurbitacina, principio que surge como defensa de la planta ante adversidades externas y que amarga la pulpa del fruto.

3.16. Recolección

Esta se inicia entre 45 y 65 días después del trasplante, cuando aún los frutos no han alcanzado la madurez total ni su tamaño definitivo. Realmente, el inicio está supeditado por el ciclo de cultivo empleado por los calibres que demanda el mercado, normalmente fijando longitudes entre 15 y 25 cm y diámetros entre 4 y 6 cm, lo que supondría un peso medio de los frutos entre 200 y 250 g. Se realiza con instrumentos muy cortantes, cuchillos o tijeras, que permitan realizar un corte muy limpio en el pedúnculo floral, al cual se le deja unos 2 cm junto al fruto. El manejo debe ser cuidadoso una vez recolectado debido a la delicadeza de la piel que se ralla y marca, al no tener este tejido su consistencia definitiva. En estas condiciones el fruto está bastante tierno y jugoso, y es un poco dulce, no existiendo ningún vestigio de cucurbitacina que la pudiera amargar.

La cadencia de la recolección está en función del ciclo de cultivo realizado, la variedad, la climatología, etc., pudiendo ser diaria debido al gran ritmo de crecimiento de los frutos.

La calidad de la producción se valora en función de características del fruto, como firmeza, brillo, uniformidad de tamaño en longitud y anchura, color, estado del pezón del pedúnculo floral, cicatriz o cierre pistilar de pequeño tamaño, sabor neutro o ligeramente dulce, espesor y textura de la piel que permita su consumo y otros factores no intrínsecos del fruto derivados de su manipulado y transporte.

3.17. Posrecolección

Los frutos una vez recolectados y envasados pueden conservarse durante unos 10 días, manteniendo ciertas condiciones de temperatura (entre 5 y 10 ºC) y de humedad (un 95 %), pudiendo incluso ampliarse solo un poco

más. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 5 ºC, aunque no sea por mucho tiempo, el fruto sufre daños por frío, depreciándose visualmente, apareciendo un cribado y manchas pardas y, organolépticamente, perdiendo turgencia y textura. Esos últimos decaimientos se producen cuando el almacenamiento se prolonga durante 15 días o más, a lo que se unen algunas podredumbres blandas. Los daños por congelación se dan a partir de -0,5 ºC, llevando consigo la desestructuración de los tejidos del fruto, que se descompone en formaciones líquidas.

Tampoco las atmósferas modificadas incrementan la duración del período de conservación en poscosecha, siendo poco sensibles a los niveles de etileno, pareciendo tener cierta relación la pérdida de intensidad del color verde en los cultivares de tonos oscuros con la presencia de niveles mínimos.

La deshidratación de los frutos en poscosecha es un problema que puede ser paliado con una rápida entrada en frío tras la recolección.

Las podredumbres que se dan en poscosecha pueden ser numerosas pudiendo estar provocadas por hongos como alternaria, coletotricum, *Pithyum*, etc., o por bacterias, como *Cladosporium*, etc.

3.18. Comercialización

Para poder ser comercializado el fruto de calabacín deberá tener unas condiciones determinadas, las cuales, en caso de cumplirlas en su totalidad y en mayor grado, le permitirá ser clasificado en las categorías comerciales más relevantes. Aspectos como el buen estado del pedúnculo, que sean frescos y de textura firme, que presente un tamaño adecuado, así como que estén sanos y que no tengan rastros de incidencias anteriores, sin restos o partículas extrañas adheridas, sin medios acuosos o acompañados de mal aroma, son los fundamentales antes de poder ser comercializados.

Para estos frutos se barajan tres categorías clasificatorias, según la Norma de Calidad para Calabacines, buena (categoría I), corriente (categoría II) y aceptable (categoría III). Las dos primeras son las exigidas para la exportación y la tres se aplican al mercado interior. En las dos primeras es prioritario mantener las características del ideotipo de la variedad, a lo que hay que añadir la ausencia casi total de defectos, en la categoría I, y con estos un poco más evidentes, la II.

Figura 10. Distribución de calabacín en caja

Figura 11. Distribución en malla

El calibrado de los frutos se hace en función de dos parámetros, longitud y masa. En cuanto a la longitud, tomada desde la unión con el pedúnculo floral hasta su extremo apical, se consideran tres dimensiones, aceptándose entre 7 y 14 cm, hasta 21 cm y la de los ya no incluidos de 30 cm.

Con relación a la valoración en función a la masa se consideran los apartados de 50 a 100 g, hasta 225 g y aquellos inferiores a 450 g.

La distribución de los frutos se hace en distintos tipos de envases (en barquetas recubiertas con película plástica, mallas o cajas) en las que si se ponen varias capas de frutos dispuestos horizontalmente se separarán con hojas de papel.

Figura 12. Tipo esférico de calabacín a la venta

4. Composición y usos

La parte a consumir de la planta es el fruto, el cual se recolecta sin llegar a la maduración, momento en el que la semilla se encuentra aún en estado de primordios y su epidermis todavía no se ha endurecido. Se usa en fritos, sopas y asados, teniendo una gran versatilidad de empleo, a lo que se añade que al conservar aún el fruto las características juveniles puede aprovecharse con o sin piel. También tiene aplicación en repostería, aunque esta sea bastante menor que el de otras especies del género. En alta gastronomía además se aprovechan las flores masculinas como envoltorio para rellenos, pero cuantitativamente este uso no es significativo. Su consumo está ampliamente difundido mundialmente.

Además de su uso alimentario, su ingestión para diabéticos, por su mínimo contenido en hidratos de carbono, y para hipertensos, por su reducido contenido en sodio, lo hacen muy recomendable y, así mismo, su alto contenido en fibra es muy apropiado para suavizar problemas de estreñimiento.

Aunque al fruto no se le conocen otros aprovechamientos, la semilla, que contiene un 35 % de aceites, se ha utilizado como remedio de farmacopea para eliminar parásitos intestinales y aliviar trastornos de las vías urinarias.

El fruto tiene un gran contenido en agua, lo que lo hace recomendable para cualquier tipo de dieta, presenta algunos contenidos minerales de interés (Tabla 1).

Tabla 1. Determinaciones analíticas de los diversos contenidos y elementos minerales beneficiosos que se aporta con su consumo

Elemento	Cantidad	Unidades
Valor calórico	17-29	Calorías/100 g de materia fresca
Agua	90-95	%
Prótidos	0,3 -0,8	g/100 g de materia fresca
Glúcidos	1,70-2,10	g/100 g de materia fresca
Lípidos	0,20-0,40	g/100 g de materia fresca
Calcio	18	mg/100 g de materia fresca
Fósforo	21	mg/100 g de materia fresca
Hierro	0,6	mg/100 g de materia fresca
Vitamina A	400	U.I./100 g de materia fresca
Vitamina B1	60	mg/100 g de materia fresca
Vitamina B2	40	mg/100 g de materia fresca
Vitamina C	20	mg/100 g de materia fresca

5. Economía del cultivo

La estadística agraria refleja claramente cómo ha ido evolucionando la importancia de este cultivo (Ruiz, 2000). Hasta el año 1990, en España, siempre había estado comprendido en un apartado junto a otras cucurbitáceas, como la calabaza; a partir de este año ya se consideró independientemente, contabilizándose unas 5.000 ha cultivadas, incluyéndose cultivo protegido y al aire libre.

En el año 2000 ya se registraban para esta especie un total de 5.017 ha que producían 232.326 t, siendo Andalucía con 3.528 ha y una producción de 195.452 t la zona de mayor desarrollo, seguida, bastante de lejos, por Canarias con 365 ha y 6.820 t y la Región de Murcia con 288 ha y 7.172 t. Detrás, con menor volumen, se situaban otras comunidades, como la valenciana y Castilla-La Mancha.

En estas fechas el total exportado alcanzaba las 100.000 t, de las cuales más del 50 % provenían de Almería, siendo los países importadores principales Francia con un 60 % e Inglaterra y Alemania con un 13,6 %, entre ambas.

Recientemente se ha visto que los cultivos siguieron progresando e implantándose en zonas de climas del tipo mediterráneo, alcanzándose un total de 8.879 ha (MAPA, 2012) para ambas modalidades de cultivo. De esta extensión, Andalucía sigue siendo la comunidad más importante con unas 6.000 ha en cultivo protegido, de las que 5.700 corresponden a Almería y más de 600 ha al aire libre, con Granada y Cádiz a la cabeza. Para estimar adecuadamente la importancia más significativa de superficies cultivadas en el resto de comunidades, solo comentar que, a continuación, Canarias es la que reúne más superficie en invernadero con 142 ha y la Región de Murcia con 322 ha al aire libre, siendo las de mayor relevancia, encontrándose la diferencia, hasta llegar al total de las 6.323 ha en invernadero, y a las 2.501 ha al aire libre, muy repartidas entre los otros territorios que gozan de esas circunstancias climáticas.

Así se detalla en la serie histórica de la evolución de la producción al aire libre por provincias, comprendida entre los años 2008 y 2014 (Magrama, 2015), donde, además de apreciarse algún caso irregular como el de Barcelona y las oscilaciones propias de cada campaña, se muestra un comportamiento anual provincial bastante uniforme (Tabla 2).

En cuanto a la producción en invernadero y según las mismas fuentes (Magrama, 2015) en el mismo intervalo de tiempo (Tabla 3), Almería sigue siendo la provincia que sirve como indicador para valorar su evolución, cuyo incremento experimentado refleja el total nacional, quedando el resto de zonas productoras con mucha menor importancia.

De todas maneras, la importancia económica del cultivo, dentro de unos valores determinados, se puede decir que se ha consolidado, ya que de ser una especie poco explotada que después pasó a tenerse como una alternativa de relleno dentro de las rotaciones, hoy en día, para ciertas regiones, es un cultivo de gran interés. A ello ha contribuido el incremento de las producciones al elevarse los rendimientos medios, sobre todo en cultivo protegido, la corta duración del ciclo de cultivo, su aspecto dietético y el coste no muy alto al consumidor estimado en 0,70 a 0,90 euros/kg, etc.

Tabla 2. Producción en España al aire libre por provincias (2008-2013). En toneladas

	2009	2010	2011	2012	2013
Cádiz	12.816,0	11.520,0	9.717,5	9.200,0	8.976,0
Murcia	3.094,0	2.472,0	2254,0	6.636,0	7.304,0
Granada	5.175,0	6.975,1	8.035,2	4.731,1	5.000,1
Navarra	4.205,0	5.865,9	2.774,5	5.295,2	4.860,4
Barcelona	3.925,0	2.305,3	2.124,0	1.582,5	4.551,7
Badajoz	3.850,0	3.640,0	2.695,0	3.360,0	4.085,0
Las Palmas de Gran Canarias	4.760,3	5.145,0	4.670,0	4.905,1	4.060,0
Toledo	3.587,2	3.561,1	3.728,4	3.728,4	4.008,0
Almería	798,0	2.122,7	6.924,9	5.968,1	3.560,0
Tenerife	3.624,6	4.165,0	4.235,0	4.356,3	3.550,2
Córdoba	3.168,0	3.348,0	3.540,0	3.280,0	3.239,0
A Coruña	4.956,3	1.671,6	1.180,2	2.364,4	2.931,3
Islas Baleates	2.184,2	1.964,2	2.103,4	2.113,8	2.000,0
Castellón	1.593,8	1.636,3	1.953,0	1.767,0	1.672,0
Valladolid	3.612,0	224,0	625,0	1.450,0	1.380,0
Total	**61.349,3**	**56.616,0**	**56.560,3**	**60.737,8**	**61.152,6**

Fuente: Magrama (2015).

Tabla 3. Producción en España en invernadero por provincias (2008-2013). En toneladas

	2009	2010	2011	2012	2013
Almería	242.123,0	252.509,0	260.308,0	293.071,5	350.596,8
Málaga	9.900,0	11.505,0	10.140,0	11.115,0	12.350,0
Granada	5.625,0	5.625,0	4.596,9	4.179,0	5.980,0
Las Palmas de Gran Canarias	7.711,8	5.250,0	5.325,0	5.300,0	4.495,0
Tenerife	3.200,0	3.253,3	3.284,5	3.400,0	3.544,2
Murcia	1.092,0	1.850,0	2.485,0	2.135,0	2.196,0
Cádiz	1.260,0	1.270,8	2.682,8	1.200,0	564,3
Total	**270.911,9**	**281.263,0**	**288.822,2**	**320.400,5**	**379.726,3**

Fuente: Magrama (2015).

Y aunque el ataque de enfermedades viróticas ha sido últimamente más acusado, aspecto agravado por la aparición del Nueva Delhi, no ha sido óbice para que se prevea un aumento de plantaciones y de producciones, que en Andalucía se estimaron en 416.388 en 2014 y que supusieron un incremento anual del 19,9 % con respecto a la campaña anterior (BOJA, 2015).

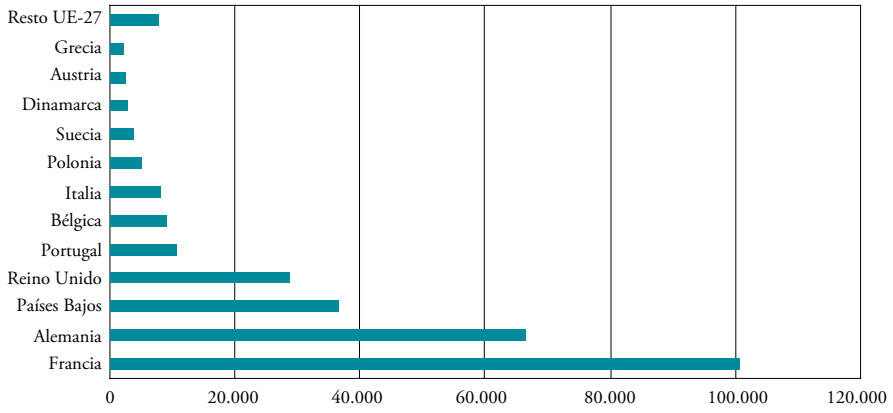
Datos que quedan avalados por la serie histórica de exportaciones, comprendida entre 2009 y 2014 (FEPEX, 2015), de los países receptores de la producción española de los cuales Francia sobre todo y Alemania son los mayores importadores, seguidos de Países Bajos y Reino Unido, en un segundo orden (Tabla 4), además de otros países que asumen menor tonelaje aún, como Portugal, Bélgica, Italia, Polonia, etc. (Gráfico 1).

Tabla 4. Exportación española a la UE (2009-2014). En toneladas

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Francia	106.479	105.215	105.266	94.090	96.647	100.735
Alemania	40.943	42.307	55.998	53.688	61.891	66.330
Países Bajos	22.627	23.516	27.194	32.095	31.009	36.341
Reino Unido	24.358	25.086	26.319	31.025	31.910	28.665
Portugal	7.143	8.848	9.516	9.503	9.276	10.719
Bélgica	7.903	8.741	8.726	12.529	10.271	8.895
Italia	15.321	9.145	12.101	9.476	9.521	8.214
Polonia	1.468	2.083	2.847	3.010	4.765	5.049
Suecia	2.521	2.812	3.548	2.749	4.654	3.796
Dinamarca	1.303	1.611	2.006	1.495	3.035	2.694
Austria	2.202	2.412	2.321	3.158	2.335	2.630
Grecia					2.092	2.057
Resto UE-27	4.778	5.088	5.722	5.890	5.228	7.879

Fuente: FEPEX (2015).

Gráfico 1. Principales países de destino de la exportación de calabacín (2014)



Fuente: FEPEX (2015).

Referencias bibliográficas

CARM (2014): Consejería de Agricultura de la Región de Murcia. https://caamext.carm.es/esamweb/faces/vista/seleccionPrecios.jsp.

FEPEX (2015): Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas. http://www.fepex.es/datos-del-sector/.

Juarez, M.; Kassem, M. A.; Sempere, R. N.; Gómez, P.; Mengual, P. y Aranda, M. (2013): «Virus de cucurbitáceas en el sudeste español: viejos conocidos y nuevas amenazas, como el virus del rizado de la hoja del tomate de Nueva Delhi (ToLCNDV)»; *Phytoma España* (251); pp. 31-36.

Juárez, M.; Tovar, R.; Fiallo-Olivé, E.; Aranda, M. A.; Gosálvez, B.; Castillo, P.; Moriones, E. y Navas-Castillo, J. (2014): «First Detection of Tomato leaf curl New Delhi virus Infecting Zucchini in Spain»; *Plant Disease* 98(6); pp. 857-857.

Magrama (2015). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Observatorio de precios de los alimentos*. http://www. Magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-alimentacion/observatorio-precios/.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición; pp. 704.

Marín, J. (2015): *XV Variedades Hortícolas*. Portagrano; pp. 475.

Monserrat, A. y Lacasa, A. (2014): «Medidas para la prevención y control del virus Nueva Delhi 'ToLCNDV'»; *Agrícola Vergel* (371); pp. 20-25.

Ruíz, J. J. (2000): «Calabacín»; en Nuez, F. y Llacer, G., coord.: *La horticultura Española*. Sociedad Española de las Ciencias Hortícolas; pp. 119-122.

Zitter, T. A.; Hopkins, D. L. y Thomas, C.E. (2004): «Plagas y Enfermedades de las cucurbitáceas»; *The American Phytopatological Society*. Madrid, Mundi-Prensa.

Calabaza

Alfonso Giner Martorell y José Mariano Aguilar Olivert
Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Introducción

Bajo esta denominación se incluyen una serie de especies y variedades botánicas pertenecientes al género *Cucurbita,* cuyo origen geográfico cabe situarlo en México, América Central y América del Sur (Maroto, 2002). Dependiendo de las fuentes botánicas, el género *Cucurbita* contiene entre 12 y 27 especies, o grupos de especies, de las que 5 de ellas son ampliamente cultivadas en todo el mundo para consumo de la pulpa de sus frutos y/o de sus semillas, principalmente. El cultivo de calabazas del género *Cucurbita* es posiblemente el de mayor antigüedad en Mesoamérica (6.000-8.000 a. C) y en todo el continente americano, seguido de otros como el maíz, la yuca, las judías, etc.

En algunas provincias españolas sus semillas son consumidas directamente, normalmente tostadas, y en ciertos países asiáticos de sus semillas se extrae un aceite comestible. En ocasiones, las flores de la planta se preparan rellenas y rebozadas, formando parte de platos apreciados y muy elaborados, mientras que en algunos países asiáticos y africanos, las hojas y las flores de estas plantas son cocinadas y consumidas como hierbas aromáticas.

Algunas calabazas son utilizadas para la elaboración por fermentación de bebidas alcohólicas, otras como plantas ornamentales, mientras que una parte importante de las mismas también son empleadas, sobre todo algunos cultivares, como alimento para el ganado.

Actualmente también se están utilizando algunas especies o híbridos interespecíficos como portainjertos de sandía y melón, dado su potente sistema radicular y su alta tolerancia a determinados patógenos del suelo, como Fusariosis vascular.

Una característica fundamental de los frutos, que normalmente son considerados como calabazas, es su alto grado de conservación tras la recolección y secado, que en algunos casos puede sobrepasar los 6 meses.

2. Encuadramiento taxonómico y descripción botánica

Es una planta herbácea anual, de porte rastrero, a veces trepador, de tallos largos con sección angulosa o cilíndrica, cuya superficie se presenta cubierta de pelos y provistos de zarcillos. El sistema radicular es profundo en su raíz pivotante principal, manteniendo una distribución fasciculada y superficial en el resto. Se extiende rastreramente por el suelo, pudiendo desarrollarse más de 3 m respecto a la base de la planta. Las hojas son grandes, también cubiertas de pelos, de limbo más o menos anguloso, según la especie, y pecíolo largo.

Es una planta alógama y monoica, en la que las primeras flores en aparecer son las masculinas, de color amarillo, a continuación lo hacen las femeninas con ovario ínfero y de polinización entomófila. Los frutos adquieren formas muy variadas dependiendo de la especie, siendo una baya globulosa de tamaño variable con pulpa generalmente anaranjada o amarillenta, aunque existen cultivares cuya pulpa es de diferentes colores, entre los que podemos encontrar el amarillo pálido o blanco.

Figura 1. Cultivo de calabaza (izda.) y flor femenina (dcha.)

Las semillas, de forma aplastada y redondeada suelen tener diversos tamaños y contornos, estando provistas en algunas especies de un reborde cartilaginoso engrosado. Están situadas en la cavidad central del fruto y generalmente son de color blanco-crema o de colores claros, aunque existen cultivares cuyas semillas son de color negro (*Cucurbita ficifolia* Bouché). De modo general puede decirse que en 1 g entran 3-4 semillas de calabaza, con un poder germinativo de aproximadamente 5 años. Se recomienda su conservación a una humedad relativa del 7 % y una temperatura entre 3 y 8 ºC.

Figura 2. Semillas de calabaza (izda.) y semilla germinada (dcha.)

La calabaza es una especie muy sensible a las bajas temperaturas. Su óptimo térmico es de 25-30 ºC, aunque soporta muy bien temperaturas más elevadas. La temperatura de germinación de sus semillas se sitúa entre los 15 y los 35 ºC, siendo el óptimo de 25-30 ºC.

Dada la gran cantidad de especies que engloba el género *Cucurbita*, existen ciertas variaciones entre diferentes autores al denominar algunas de ellas, como en el caso de la variedad 'Cabello de Ángel', clasificada por unos como *Cucurbita ficifolia* Bouché y por otros como *Cucurbita moschata* Duchesne.

En general el término «calabaza» propiamente dicho suele utilizarse para referirse al grupo conocido botánicamente como «calabazas de invierno», que comprende las siguientes especies:

- *Cucurbita maxima* Duchesne: con tallos de crecimiento indefinido y de sección redondeada, hojas grandes, orbiculares, no lobuladas y cordadas en la base, flores amarillas y con el pedúnculo de inserción en el fruto, de forma cilíndrica y sin surcos. Los frutos pertenecientes a esta especie suelen ser voluminosos, de color variable y carne anaranjada, más o menos dura en función de cultivares.

  Dentro de esta especie podemos encontrar algunos de los tipos más cultivados en el ámbito nacional como por ejemplo la variedad 'Dulce de horno', también conocida como redonda de asar o las calabazas 'Turbante', en las que el ovario sobresale considerablemente del receptáculo y que suelen ser muy utilizadas como calabazas ornamentales. A esta especie pertenece también la variedad 'Delica', que en la actualidad es una de las más cultivadas en el mundo.

- *Cucurbita moschata* Duchesne: con tallos de crecimiento indefinido, angulosos y erizados de pelos, hojas poco enhiestas, aterciopeladas en ocasiones, poco lobuladas, con o sin manchas blanquecinas en función de cultivares y de tamaño variable, presentando el pedúnculo de inserción del fruto ensanchado y con surcos. Las flores son amarillas, de pétalos grandes y erectos, siendo los frutos de formas variables y color apagado.

  Algunos de los tipos más cultivados en España y que se engloban dentro de esta especie son las calabazas tipo *Butternut*, también denominadas violín o cacahuete, o la 'Muscat de Provence'.

  En la actualidad se están utilizando híbridos interespecíficos de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* como portainjertos de sandías y también en menor medida de melón, debido a su alta resistencia a diferentes especies de fusariosis vascular, virus del cribado del melón, colapso del melón y verticilosis.

Figura 3. Calabaza redonda de asar (izda.) y calabaza 'Muscat de Provence' (dcha.)

Figura 4. Calabaza tipo *Butternut* (izda.) y calabaza 'Cabello de Ángel' (dcha.)

- *Cucurbita ficifolia* Bouché: conocida como calabaza de 'Cabello de Ángel' o también, denominada calabaza confitera, debido a que con la pulpa de la misma se obtiene un dulce, con el que se elaboran gran cantidad de productos.

  Es relativamente homogénea, en particular el fruto, del que se esperaría variabilidad debida a las presiones de selección, y más o menos fácil de distinguir de los frutos de las demás especies. El color exterior puede tener básicamente 3 patrones: blanco, verde oscuro o un variegado de estos dos.

  Las hojas son pentapalmadas y de gran tamaño. Son color verde oscuro, dorso pubescente, similares a la hoja de la higuera, de donde deriva su nombre científico *ficifolia*, «de hojas de higuera» en latín. A diferencia de las otras especies, las semillas suelen ser negras, siendo el pedúnculo del fruto duro, de ángulos redondeados y ligeramente extendido sobre el mismo en su unión.

- *Cucurbita argyrosperma* Huber: conocida hasta recientemente como *Cucurbita mixta* Pangalo, de tallo fuerte y angular, sin asperezas, hojas anchas, cordadas, escasamente lobuladas y, en ocasiones, con manchas blanquecinas. Presenta el pedúnculo ancho, pero no ensanchado en la inserción del fruto. Sus frutos son de tamaño variable, de carne blanda o dura y generalmente de color apagado. Las variedades más conocidas de esta especie probablemente sean las llamadas 'Pipián', para consumir sus semillas molidas (México) o su fruto inmaduro como verdura de estación (América Central), y el estadounidense 'Cushaw', que se cultiva principalmente en el sureste de Estados Unidos.

  También pueden ser considerados como «calabazas» algunos cultivares de *Cucurbita pepo* L., aunque en conjunto esta especie está englobada como una «calabaza de verano» y, concretamente, la mayor parte de los tipos comerciales pertenecientes a la variedad botánica 'Condensa', constituyen lo que se conocen como calabacines.

  Otras «calabazas», aunque no pertenecientes al género *Cucurbita*, son, por ejemplo:

  - *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl: o calabaza de flores blancas, conocida también como calabaza 'de Peregrino' y utilizada tradicionalmente para elaborar utensilios como cazos, tazones, botellas, cucharones, etc.

Esta variedad se ha utilizado mucho en Oriente como portainjerto de sandía, aunque no se ha llegado a introducir en España debido a que no ha alcanzado el nivel de resultados de los híbridos interespecíficos de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*, siendo además poco tolerante a nematodos del género *Meloidogyne*.

- *Luffa cylindrica* Roem o esponja vegetal, cuya popularidad nace desde que se comenzó a utilizar para la elaboración de esponjas exfoliantes, pues son de alta calidad y brindan muy buenos resultados dermatológicos.

  El fruto de esta planta se va componiendo internamente de una densa red de fibras que forman una especie de esponja interna y que cubre todo el contorno cilíndrico interno del fruto. Esta esponja vegetal se corta y se usa para el cuidado personal y exfoliación de la piel.

  Otro de los usos de la lufa es para la limpieza de la vajilla, en especial para la delicada y los utensilios del hogar. Esta esponja es totalmente natural y 100 % biodegradable. En algunos países también se consume inmadura como verdura de estación.

- *Sechium edule* (Jacq.) Swartz llamado 'Chayote' es una hortaliza muy popular en México, que produce unos frutos de color variado, entre el verde oscuro al verde claro o amarillo claro casi blanco en algunos casos. Suelen consumirse sus frutos hervidos y también sus raíces tuberosas (hervidas o fritas) y, en algunos países como Costa Rica, se utilizan sus tallos tiernos y hojas en la elaboración de sopas «quelites». En España se cultiva este fruto y se comercializa como chayota o patata china.

3. Cultivo

3.1. Siembra

En la actualidad predomina la siembra en semillero profesional, en bandeja de poliestireno expandido para posterior trasplante de la planta con cepellón, aunque todavía se sigue utilizando la siembra directa en campo. Esta última modalidad va asociada a zonas de cultivo tradicional y con selecciones propias (no híbridas). Prácticamente, la totalidad de las plantaciones que se

realizan con material híbrido se lleva a cabo mediante trasplante, debido en parte al mayor precio de sus semillas.

El tipo de bandejas utilizadas en semillero suele ser de 104 a 150 alvéolos rellenos de sustrato.

Una vez realizada la siembra se cubren las bandejas con una ligera capa de vermiculita y, tras someterse a un riego moderado, pasan a la cámara de germinación, donde generalmente permanecen por un espacio de 48 horas a una temperatura entre 26 y 28 ºC y una humedad relativa en torno al 98 %.

Transcurridos 20-21 días desde la siembra la planta contará con 3-4 hojas verdaderas y estará lista para el trasplante.

Figura 5. Siembra de calabaza en bandeja (izda.) y planta lista para su trasplante en campo (dcha.)

En el caso de realizar siembra directa suelen utilizarse de 2 a 3 semillas por golpe para, con posterioridad, hacer un aclareo de plantas dejando únicamente la mejor. De esta manera suelen destinarse 2-4 kg de semillas por hectárea sembradas a una profundidad de unos 3 cm. Para llevar a cabo la siembra directa con garantías de éxito, la temperatura media del suelo debe sobrepasar los 15 ºC, en caso contrario debería retrasarse. Se debe procurar que el terreno tenga buen tempero o sazón para intentar conseguir una buena germinación y nascencia de la plantas, si no es aconsejable regar inmediatamente después de la siembra, evitando dar riegos abundantes que pueden ocasionar pudrición de las semillas.

Con temperaturas nocturnas en torno a 10 ºC de mínima y una media durante el día de 25 a 30 ºC las calabazas tardan en nacer de 5 a 7 días. Al ser plantas muy exigentes en temperatura deben sembrarse una vez haya

pasado el riesgo de bajas temperaturas. Por debajo de 10 ºC se produce la parada vegetativa.

3.2. Preparación del terreno y plantación

El sistema radicular de la calabaza puede alcanzar bastante profundidad, por lo que la preparación del terreno debe comprender algunas labores que remuevan horizontes profundos. Es bastante habitual la utilización de subsoladores, seguidos de pases de grada o fresadora, pudiendo utilizarse también el arado de vertedera seguido de varios pases de grada. Con las primeras labores profundas puede incorporarse materia orgánica, a la que la calabaza responde de manera muy satisfactoria.

Figura 6. Labor de subsolado (izda.) y reparto de materia orgánica (dcha.)

Cuando se realiza riego por inundación es fundamental una buena nivelación del terreno. En ese caso, previo a la plantación, conviene pasar un nivelador láser.

El marco de plantación a utilizar va a depender mucho de la especie cultivada, del vigor de la planta, del tamaño del fruto y del destino de la producción. De manera general, las densidades de plantación se sitúan en torno a las 1.700-3.500 plantas/ha, con una distancia entre líneas de cultivo de 3-4,5 m y una distancia entre plantas de 1-1,5 m. En cultivo de secano se utilizan marcos más amplios, de hasta 5 x 5 m.

En casos de plantaciones más tempranas, con calabaza del tipo *Butternut*, para obtener frutos de pequeño calibre (1 kg/fruto), destinada a exportación, la densidad de planta se puede incrementar considerablemente, llegando hasta las 10.000 plantas/ha.

Con sistema de riego localizado, en la preparación del terreno, se pueden mecanizar las labores de reparto de laterales de riego y colocación de plástico de acolchado con máquinas que, al tiempo que conforman el surco, realizan estas labores de manera simultánea. También existen máquinas que permiten un apoyo para la construcción del microtúnel con la colocación de varillas y del material de cubierta.

Cuando se recurre al sistema de riego por inundación, las plantas se disponen en el lateral mejor orientado (S-SE), a la altura que alcance el agua de riego. Si la plantación se realiza sobre un surco de poca altura se planta en la cresta. Tanto si es en surco, en caballón o en llano, al plantar se entierra el cepellón, dejando las hojas cotiledonares al descubierto. El agua de riego debe humedecer dicho cepellón, sin llegar a cubrir la totalidad de la planta. Bajo el sistema de riego por surcos es importante realizar la labor de embancado, que tiene como finalidad separar el surco de riego de la hilera de plantas para que los frutos, una vez cuajados, no permanezcan en contacto con el suelo húmedo.

Cuando la plantación se realiza sobre un acolchado plástico hay que tener especial cuidado en que el cepellón quede bien cubierto con tierra, evitando el contacto directo del mismo con la planta, ya que en caso de altas temperaturas en el momento del trasplante, y como consecuencia del sobrecalentamiento del acolchado plástico, puede producirse un escaldado en el cuello de la planta. Las marras de plantación en estos casos pueden llegar a ser importantes, sobre todo en plantaciones tardías y/o en determinadas zonas que en el momento del trasplante alcanzan altas temperaturas.

Las plantaciones más tempranas se realizan en el mes de marzo en zonas del litoral mediterráneo, con climatología más suave. Las de abril y mayo se realizan en latitudes norte del litoral mediterráneo, así como en zonas más continentales, mientras que el ciclo tardío se corresponde con plantaciones de junio y julio, que normalmente se realizan en zonas de mayor altitud con climatología más fresca.

3.3. Sistemas de semiforzado

Como se ha indicado con anterioridad, la calabaza es una planta muy sensible a las bajas temperaturas y, si estas se dan durante la fase de floración, las plantas emiten pocas flores. Por ello, en plantaciones precoces se utilizan sistemas de semiforzado para mejorar las condiciones ambientales del cultivo en sus primeras fases de desarrollo. Con temperaturas de 1 ºC utilizando

sistema de semiprotección, con la técnica de cubierta flotante con polipropileno no tejido de 17 g/m^2, se produjeron mortandades de plantas en ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Valencia). El sistema de semiforzado que tradicionalmente se ha venido utilizando ha sido el microtúnel con polietileno transparente y acolchado con polietileno negro de 100 galgas de espesor. El polietileno trasparente se ha ido sustituyendo progresivamente por otros materiales como el polipropileno no tejido de baja densidad, generalmente de 17 g/m^2, bien en la modalidad de microtúnel o con la técnica de la cubierta flotante, que consiste en extender sobre la planta el polipropileno y sellarlo en los extremos con tierra. De esta manera que el cultivo crecerá y se extenderá debajo del mismo, ofreciendo no solamente una protección térmica, sino también sirviendo como barrera física que impida la llegada de insectos transmisores de virosis, como los pulgones alados y moscas blancas, en las primeras fases de desarrollo del cultivo. Conviene que el polipropileno sea al menos de 2 m de ancho para, de esta manera, mantener la planta el máximo tiempo sin que sobresalgan ramas que queden al alcance de estos insectos vectores.

Este material, al permitir cierto paso de aire a su través, no necesita de aperturas progresivas como ocurre en el caso del polietileno transparente, con lo que su manejo resulta mucho más sencillo, presentando además la ventaja de que si se manipula y almacena con el cuidado necesario puede ser reutilizado en una segunda campaña.

Figura 7. Polipropileno no tejido. Cubierta flotante (izda.) y microtúnel (dcha.)

La técnica de la cubierta flotante, al igual que otros sistemas de semiforzado, es de duración temporal, siendo necesaria su retirada con la aparición de las primeras flores pistiladas para permitir su polinización, que como se

indicó con anterioridad es entomófila, llevada a cabo por abejas, principalmente. El momento de retirarla será cuando la climatología nos asegure unas buenas condiciones de vuelo de los insectos polinizadores y que el polen esté dehiscente; para ello se requiere de días soleados, sin altas humedades relativas y sin viento. Si las condiciones para la polinización no son las adecuadas se podrá retrasar la retirada de la cubierta unos días, hasta que estas sean óptimas y asegurar de esta manera un buen cuaje, abundante y homogéneo, lo cual también se puede potenciar con la colocación de colmenas de abejas, normalmente dos por hectárea, el día anterior a la retirada del material de cubierta.

Valores muy altos de humedad relativa o períodos de lluvia durante la fase de polinización pueden provocar apelmazamiento del polen y escaso o nulo vuelo de insectos polinizadores, especialmente abejas. Asimismo, en condiciones de bajas temperaturas durante la fase de floración las plantas emiten pocas flores. Todas estas situaciones pueden provocar una falta de cuaje y, por tanto, bajos rendimientos.

Figura 8. Momento de retirada del polipropileno (izda.) y colocación de colmenas de abejas (dcha.)

La dificultad de la técnica de la cubierta flotante radica en la colocación del polipropileno, que debe quedar extendido y bien sellado en los laterales, evitando que no resulte suelto ni excesivamente tenso, lo cual dificultaría el crecimiento y desarrollo de la planta debajo del mismo. Cuando la cubierta queda demasiado suelta, y sobre todo cuando los vientos dominantes inciden sobre la misma lateralmente, puede producirse por fricción sobre la planta un desgaste o lijado de la misma, que puede acarrear la muerte de la misma. Es por ello que en la medida de lo posible se recomienda orientar las líneas de cultivo en el sentido de los vientos dominantes, ya que de esta forma este efecto puede ser menor.

Otro posible inconveniente es el de la emergencia de malas hierbas en el tramo que separa el final del acolchado con el de sujeción de la cubierta flotante, que obliga a realizar aplicaciones localizadas con un herbicida de contacto y escardas mecánicas y/o manuales. Por esa razón algunos agricultores han optado por recurrir a la construcción del microtúnel utilizando este material, en la que habría que hacer coincidir la anchura del microtúnel con la del plástico de acolchado para de esta manera poder mecanizar las labores de escarda.

En plantaciones tardías, al reducirse el riesgo de heladas ligeras, los productores suelen prescindir de estos sistemas de semiforzado. En experiencias desarrolladas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Valencia) ha quedado demostrado que aun en plantaciones tardías, resulta muy interesante su uso, puesto que hemos constatado la reducción de manera significativa de la incidencia de virosis, principalmente las transmisibles por pulgón. Aunque no se ha podido constatar, puede ser también una técnica aconsejada para reducir la posible transmisión del virus de la hoja rizada del tomate de Nueva Delhi, de reciente introducción y que es transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci.*

En los últimos años se ha impuesto de manera generalizada la utilización de cubierta flotante con el plástico de acolchado negro, el cual además de ofrecer un aumento de la temperatura del suelo, muy conveniente en plantaciones tempranas, también va a impedir la nascencia de malas hierbas sobre la línea de cultivo. Además, permite mayor eficiencia en el uso del agua de riego al evitar pérdidas por evaporación, ofrece cierto control sobre la erosión del suelo y favorece el desarrollo del cultivo.

Otra posibilidad que también se contempla es la utilización de plásticos de acolchado biodegradables, que aunque tienen como inconveniente su mayor coste, no necesitan ser retirados ni gestionar su vertido una vez finalizado el cultivo, presentando además una respuesta productiva y agronómica similar al del polietileno negro (Giner *et al.*, 2012).

Como se ha indicado anteriormente, en ocasiones, en determinadas zonas de cultivo donde se alcanzan altas temperaturas en el momento de la plantación, generalmente en las que se realizan de mayo a julio, los acolchados con polietileno negro pueden provocar quemaduras en el cuello de la planta siendo, en estos casos, recomendable la utilización de polietileno de color blanco opaco.

Para la obtención de «cabello de ángel» se requiere eliminar manualmente las semillas de la carne (pulpa) de las calabazas, operación que resulta altamente costosa, lo que está provocando que el cultivo de la calabaza 'Cabello de Ángel' se desplace a otros países en los que el coste de mano de obra es menor. Por esa razón en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta se realizaron diferentes estudios con calabaza del tipo cacahuete cultivar 'Butternut Sprinter F1' y con una selección de calabaza de 'Cabello de Ángel', *Selección de Castalla*, en las que se estudiaron diferentes sistemas de semiforzado, a base de acolchado con polietileno negro, un testigo con cultivo al aire libre; un segundo testigo con cubierta flotante permanente a base de polipropileno no tejido, una tercera tesis con cubierta flotante permanente cuyas plantas fueron tratadas en pulverización foliar con etefón a la dosis de 150 ppm y posteriormente se trataron las flores femeninas con florclorfenuron 1 % (CPPU) (Sitofex), a las que previamente se les quitó manualmente el estigma y una cuarta tesis con cubierta flotante permanente en la que las flores femeninas también fueron manipuladas y tratadas en pulverización dirigida al ovario con CPPU a la dosis de 200 ppm. En la variedad 'Cabello de Ángel' la mayor producción se obtuvo en las plantas en las que las flores femeninas fueron tratadas con CPPU, cuyos frutos no poseían semillas fértiles. En esta calabaza las plantas que mantuvieron la cubierta flotante de forma permanente sin tratar no dieron producción. En cambio en la calabaza de cacahuete, aunque no se detectaron diferencias significativas a nivel estadístico, la mejor producción se obtuvo para el testigo al aire libre, aunque también hubo producción para el testigo con cubierta flotante permanente sin tratar, considerando que esos frutos eran partenocárpicos. De las flores tratadas con CPPU también se obtuvieron frutos sin semillas en este tipo de calabaza (Baixauli *et al.*, 2010).

3.4. Riego y fertilización

3.4.1. Fertilización

La calabaza prefiere suelos de textura media, profundos, frescos, con buen drenaje, bien provistos de materia orgánica y elementos nutritivos, con pH ligeramente ácido o moderadamente alcalino, presentando una tolerancia media a la salinidad.

En 1962, Knott, citado por Maroto en 2002, indicó que para una producción de 20 t/ha, los niveles de extracción eran de unos 110 kg N/ha, 28 kg P_2O_5/ha, 125 kg K_2O/ha, 132 kg CaO/ha y 27 kg MgO/ha.

Ensayos realizados en Florida, Sutton (1965), en riego por aspersión y con dosis crecientes de nitrógeno 0, 56, 112, 168 y 224 kg N/ha, concluyeron que los rendimientos óptimos se alcanzaban con la dosis de 112 kg N/ha. Con las dosis más altas los frutos presentaron una piel más rugosa.

En experimentos realizados por Buxade *et al.*, citado por Rodríguez *et al.* (2013), se determinó que para un rendimiento de 26 t/ha se requerían 110 kg N/ha, 58 kg P_2O_5/ha y 156 kg K_2O/ha distribuidos en tres aplicaciones; 25 % en el momento de la siembra, 50 % a los 30 días y el 25 % restante a los 70 días.

En 1987, Sandoval y Barona, citados por Estrada en 2003 y por Rodríguez *et al.* (2013), con el cultivar tipo mexicano de la especie *C. moschata* en un suelo de buena fertilidad, obtuvieron un rendimiento de 34 t/ha con una fertilización de 100 kg N/ha, 50 kg P_2O_5/ha y 250 kg K_2O/ha.

En 1988, Swiader *et al.*, citado por Maroto en 2002, establecieron los niveles de N-nitratos en los pecíolos, para valores deficitarios o suficientes de N en el suelo. Los resultados óptimos de fertilización nitrogenada se obtenían con dosis de 44-158 kg N/ha en secano y de 202-269 kg N/ha en regadío.

Como dosis orientativa de fertilización en el cultivo de la calabaza en la Comunidad Valenciana, para un rendimiento de 30 t/ha, según el nivel de fertilidad del terreno y el sistema de riego, se podría considerar un aporte de 150-180 kg N/ha, 50-100 kg P_2O_5/ha y 150-200 kg K_2O/ha (Pomares, 2016).

Los planes de fertilización se deben realizar adaptados a las condiciones particulares de cada parcela, no siendo extrapolables de unas a otras. Hay que tener en consideración la previsión aproximada de cosecha, ya que en función de ella las extracciones realizadas por el cultivo pueden variar considerablemente. Es importante partir de un análisis de suelo y de agua y tener en cuenta todas las vías de aporte de nutrientes como son los fertilizantes orgánicos, incorporación o no de los restos del cultivo anterior, aporte de nutrientes realizados por el agua de riego, etc., que en determinadas circunstancias pueden suponer una parte muy considerable de las necesidades del cultivo.

3.4.2. Riego

Aunque la calabaza se produce en secano, en las condiciones de regadío se incrementan notablemente las producciones. El riego es, por tanto, un factor limitante de la productividad. Un déficit de agua con los frutos cuajados puede producir el aborto de los mismos, mientras que si el estrés hídrico es muy acusado puede provocar la muerte de la planta. Por el contrario, un exceso de agua produce una falta de aireación en la rizosfera, provocando que la planta de calabaza presente unas raíces más gruesas, cortas y con un menor número de raíces activas, lo que disminuye la absorción de agua y nutrientes. Un encharcamiento continuado de la parcela puede llegar a producir la muerte de la planta por falta de oxigenación en la zona radicular. La calabaza de «Cabello de Ángel» es especialmente sensible a la asfixia radicular, por lo que no le van bien los suelos excesivamente pesados (Japón, 1981).

Como normas orientativas en el manejo del riego de la calabaza, se deberá dar un riego copioso tras el trasplante y unos días después repetir para asegurar el buen arraigue de las plantas. Durante las primeras fases de cultivo se deberá restringir en la medida de lo posible la aportación de riego con el fin de obtener un buen desarrollo radicular. Tras el cuajado de los frutos y durante la fase de crecimiento de los mismos las necesidades de riego se van incrementando hasta llegar a un nivel máximo. En el período de maduración hay que espaciar la frecuencia de riego y la cantidad de agua aportada hasta la recolección.

3.5. Material vegetal. Tipos y cultivares

La inmensa mayoría de los tipos de calabazas cultivadas en España pertenecen a las especies descritas con anterioridad en el punto 2, entre los que cabe destacar los cultivares más comerciales:

- *Tipo* Butternut: también denominadas de tipo violín o cacahuete, con frutos alargados marcando un estrangulamiento en la parte central del mismo, confiriéndole el aspecto típico por el que se conoce a esta tipología. Suelen ser de color marrón claro, crema o beige, a verde anaranjado, dependiendo de cultivares y de piel lisa.

  Son muy cultivadas en Valencia y Murcia, también en determinadas provincias de Andalucía, Cádiz principalmente, y Cataluña. Son

utilizadas para consumo en fresco, normalmente asadas, o también destinadas a la industria.

Existen numerosas selecciones locales con muy buenas aptitudes, homogeneidad de sus frutos, altos rendimientos y cualidades organolépticas, por lo que son ampliamente cultivadas en nuestro país. Estas selecciones suelen presentar frutos de mayor calibre que los cultivares híbridos, por lo que generalmente se destinan a mercado interior, utilizándose los calibres menores para exportación.

Para mercado nacional suelen utilizarse calibres comprendidos entre 1,5-2 kg, mientras que para exportación se destinan los calibres comprendidos entre los 0,8-1,2 kg.

En cuanto a los cultivares híbridos, entre los más utilizados destacan 'Pluto', 'Ariel', 'Avalon' o 'Butternut Sprinter' pertenecientes a diferentes firmas comerciales.

Figura 9. Calabazas tipo *Butternut* (izda.) y calabazas tipo 'Roteña' (dcha.)

- *Tipo redonda de asar*: calabaza tradicional de fruto redondeado-aplanado, más o menos asurcado, con piel de color verde grisáceo a anaranjado en el momento de la maduración y carne interior de color anaranjado y muy dulce, especialmente utilizada para hornear.

  La mayor parte del material utilizado son selecciones de polinización abierta. Los frutos se comercializan como piezas enteras o bien troceadas, incluso envasadas y asadas, listas para consumir. Algunas firmas comerciales también tienen sus propias selecciones, como por ejemplo el cultivar 'Buen gusto' o 'Dulce de horno'. Esta tipología es muy cultivada, principalmente en la Comunidad Valenciana.

- *Tipo* '*Totanera*': muy cultivada en Murcia, en especial en el municipio de Totana y que da nombre al tipo. El fruto presenta textura rugosa, por lo que también se le conoce como calabaza verrugosa, con corteza de color verde oscuro grisáceo, forma aplanada, carne amarillenta o anaranjada y tamaño variable, encontrándose en un rango de calibres que oscilan entre los 5 y los 15 kg. Se utiliza principalmente para consumo en fresco.
- *Tipo* '*Max*': también conocidas como calabazas de Halloween, con piel de color naranja intenso, asurcadas y de forma globosa a ligeramente alargada, dependiendo del cultivar utilizado.

  En los últimos años este tipo de calabazas ha experimentado en nuestro país un aumento significativo en la superficie de cultivo, debido a que son uno de los elementos clásicos con los que se celebra esta festividad de origen celta. Una parte de la producción va destinada para el mercado nacional, ya que por influencia anglosajona los niños celebran la festividad de Halloween utilizando calabazas, aunque la mayor parte de la misma se destina a la exportación.

  Como curiosidad, podemos encontrar dentro de esta tipología algunas variedades de piel blanca como el cultivar 'Lumina'.
- *Tipo* '*Carruecano*': muy cultivada y consumida en la zona centro y norte de España, en especial el País Vasco. Son calabazas de gran tamaño, alargadas y cilíndricas, un poco aporradas, de color verde-amarillo que viran a marrón. La carne interior es de color naranja, suave y blanda. Su destino principal es la industria, especialmente el troceado, utilizándose también para consumo en fresco, siendo excelente para guisos.
- *Tipo* '*Kabocha*': también denominada calabaza japonesa por tener una gran aceptación en la cocina oriental, siendo muy demandada por la población japonesa principalmente. Son calabazas de color verde opaco o brillante, con un rayado pálido en ocasiones y de pulpa fibrosa con matices de color amarillo a anaranjado. El peso de los frutos suele oscilar entre 1,5 a 2,5 kg, pudiendo llegar hasta los 3,5 kg.

  Dentro del tipo 'Kabocha' también se encuentra la calabaza 'Hokkaido', de color externo anaranjado y muy utilizada para la exportación, principalmente a los mercados de Francia y Alemania. La producción de este tipo de calabaza es sobre todo llevada a cabo bajo sistema de

cultivo ecológico, demandado por estos países, siendo su uso mayoritario la elaboración de cremas. Presenta como inconveniente su baja conservación tras la recolección, que apenas es de unas pocas semanas.

- *Tipo* '*Patisson*': son variedades de frutos con forma redondeada y aplanada, con los bordes recortados. El color de la piel es muy variado, pudiendo encontrar variedades de piel verde claro que blanquea al madurar, amarillas, grises con rayas verdes, etc., utilizadas en muchos casos como calabazas decorativas. Algunas variedades presentan la carne muy fina y firme, de buenas cualidades gustativas y muy apreciadas por los gourmets, utilizándose en estos casos para elaboración de sopas de verdura y también gratinadas.
- *Tipo 'Turbante Turco*': en las que el ovario sobresale considerablemente del receptáculo y que suelen ser muy utilizadas como calabazas ornamentales. Podemos encontrar multitud de colores, desde los tonos rojos, naranjas, amarillos, verdes, blancos, o con rayas multicolores en su base.
- *Otros tipos*: como las 'Roteñas', bellotas de fruto multicolor, calabazas de miniatura tipo 'Spaguetti', 'Cabello de Ángel', 'Luffa' o esponja vegetal, 'Musquee de Provence', calabazas gigantes, ' de Peregrino', etc.

Figura 10. Calabazas gigantes (a), calabaza de Halloween (b) y calabazas decorativas (c)

3.6. Recolección y conservación

Las calabazas se recolectan cuando han alcanzado su maduración completa. En este momento ya se ha producido un viraje del color, naranja para la

mayoría de las variedades, permaneciendo la corteza del fruto firme y consistente. Las semillas también se presentan maduras.

La recolección se realiza durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, aproximadamente a los seis meses de la plantación y siempre antes de las primeras heladas, ya que son frutos sensibles a las bajas temperaturas.

Especialmente importante es que hayan alcanzado la completa madurez en calabazas destinadas a conservarse; de lo contrario su almacenamiento se verá comprometido (Namesny, 1999).

Las calabazas, una vez recolectadas, suelen secarse unos días al sol antes de llevarlas al recinto donde se guardarán, obteniéndose de cada planta entre uno y cuatro frutos, si las variedades son de gran tamaño. En general suelen recolectarse en uno o dos pases, no siendo habitual realizar una recolección escalonada.

Los rendimientos medios oscilan entre 20 y 50 t/ha (Maroto, 2002) y suelen recolectarse los frutos con unos pocos centímetros de pedúnculo, ya que en caso contrario la herida que se produce al arrancarlo puede ser vía de entrada de bacterias y hongos.

En ocasiones, antes de llevar el producto a las condiciones finales de almacenamiento, algunos productores lo someten a lo que se conoce como «curado» de los frutos. Se trata de una práctica cuyo objetivo principal es proporcionar un ambiente favorable para la cicatrización de las heridas que hayan podido generar durante la tarea de recolección y manipulación. En calabaza no existe unanimidad de opiniones respecto a su efectividad, que va a depender mucho de la variedad utilizada. En todo caso, las condiciones aconsejadas para realizar el curado van desde temperaturas en el rango de 20-25 ºC durante 2 a 4 semanas, hasta los 25-30 ºC durante unos 20 días (Namesny, 1999).

Los frutos de calabaza muestran diferente aptitud para la conservación dependiendo de sus características genéticas (Namesny, 1999). En concordancia con esta variabilidad genética, también difieren las condiciones consideradas como óptimas para conservar las diferentes especies. Normalmente las calabazas se almacenan en ambientes sin control de temperatura y bien ventilados; la humedad relativa debe mantenerse por debajo del 70 % para evitar el desarrollo de podredumbres. Esto se logra, en almacenamiento tradicional, colocándolas en sitios bien aireados, apoyadas sobre tarimas o enrejados que permitan una buena circulación del aire.

C. maxima muestra mejor aptitud de conservación que *C. moschata*. Esto quedó demostrado en ensayos realizados en 1968 por Lutz y Hardenburg,

donde cultivares de *C. maxima* mantenidos a 10-13 ºC y 70-75 % de humedad relativa se conservaron durante más de 6 meses, mientras que en la mismas condiciones *C. moschata* difícilmente superó los 2-3 meses.

En general, las condiciones de conservación que permiten mantener la calidad durante el máximo de tiempo son temperaturas entre 6 y 12 ºC y una humedad relativa entre el 50 y 70 %. Los frutos deben haber sido recolectados en estado de completa madurez. En caso de aparecer frutos dañados por podredumbres deben desecharse rápidamente para evitar que contaminen y dañen a los sanos.

3.7. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías

3.7.1. Plagas

- Pulgones: Diferentes especies de pulgones afectan al cultivo de la calabaza, entre ellas *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Aphis fabae*, *Macrosiphum euphorbiae*… Provocan daños directos debido a las picaduras de alimentación e indirectos por la secreción de melaza, posterior desarrollo de «negrilla» y la transmisión de algunas virosis. Forman colonias inicialmente en brotes tiernos. Existe un gran número de enemigos naturales de pulgones como coccinélidos, sírfidos, aphidius… que ayudan a su control.
- Mosca blanca: *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum.* Ambas especies atacan a un gran número de cultivos. Producen daños directos debidos a su alimentación e indirectos por la secreción de melaza, posterior desarrollo de «negrilla» y transmisión de virosis. Es importante para su control la eliminación de malas hierbas durante el invierno que sirven de reservorio de la plaga, la utilización de sistemas de semiforzados bien sellados por los laterales al inicio de cultivo y la utilización de productos autorizados respetuosos con la fauna auxiliar.
- Ácaros: *Tetranychus urticae*. Es plaga en numerosas especies cultivadas. El daño lo producen las larvas, ninfas y adultos principalmente por la succión de savia al alimentarse. Cuando el ataque es intenso se produce el amarilleo de la planta y cuando esta es pequeña puede llegar a morir. Es importante detectar los primeros focos e intervenir sobre ellos si no hay suficiente fauna auxiliar, especialmente ácaros fitoseidos que pueden ejercer un buen control.

Figura 11. Pulgón en calabaza (izda.) y síntomas en hoja de *Tetranychus urticae* (dcha.)

- Minadores de hoja: *Liriomyza* sp. conocida también como submarino produce galerías en las hojas. Sus ataques solo son importantes en estado de plántula.
- Trips: *Frankliniella occidentalis.* En ocasiones se pueden observar altas poblaciones sobre las flores y hojas de calabaza. El daño directo lo producen por picaduras de alimentación. Sus ataques solo son importantes en estado de plántulas. Son transmisores de virus en numerosos cultivos como el virus del bronceado del tomate, *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV).
- Gusanos de alambre: *Agriotes* sp. Los daños los producen las larvas a nivel de cuello y estos pueden llegar a ser importantes en altas poblaciones y en estado de plántula. También pueden llegar a dañar frutos que se encuentren en contacto con el suelo produciendo galerías en los mismos.
- Nematodos: *Meloidogyne* sp. Atacan a numerosas especies cultivadas, produciendo deformaciones y agallas radiculares. El vigor de las plantas atacadas se ve reducido, lo que se traduce en pérdida de rendimiento. En caso de ataques intensos, se puede observar una marchitez de la parte aérea e incluso la muerte de la planta. Las temperaturas óptimas para el desarrollo de los nematodos son de 18 a 27 ºC. El control se realiza mediante desinfección de suelo con productos autorizados, solarización y biodesinfección. Cuando el ataque se da con el cultivo establecido se puede incorporar algún producto autorizado a través del sistema de riego.

Figura 12. Nematodos en raíces de calabaza (izda.) y desinfección de suelo con biosolarización (dcha.)

3.7.2. Enfermedades

- Oídios: *Sphaerotheca fuliginea* y *Erysiphe cichoracearum*. Son las enfermedades más importantes en la calabaza. Los síntomas iniciales son manchas blanquecinas separadas en el haz de las hojas y que pueden llegar a recubrirla completamente. La afección puede darse también en tallos, pecíolos y zarcillos. La fuente primaria de inóculo son las conidias que son dispersadas a largas distancias por el viento. Se desarrollan a temperatura entre 10 y 32 ºC con un óptimo de 20-27 ºC y se detienen a 38 ºC. Su evolución puede ser rápida, entre 3 y 7 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Las conidias de este hongo al contacto con el agua se alteran en mayor o menor medida, por lo que los ataques más intensos suelen darse en épocas con baja pluviometría. Control: se recomienda la utilización de fungicidas protectivos y curativos, alternando materias activas y modo de acción de los mismos. Existen diferencias importantes de sensibilidad entre especies y cultivares.
- Marchitez gomosa del tallo: *Didymella bryoniae*. Puede afectar a tallos, hojas y frutos. En el tallo se desarrollan chancros, normalmente con exudados gomosos de color pardo. En las hojas se pueden observar inicialmente manchas aceitosas que evolucionan a color marrón-pardo oscuro, inicialmente en el borde de las hojas y que pueden llegar a marchitarla. En los frutos se manifiesta inicialmente con pequeñas manchas acuosas que exudan goma, pudiendo llegar a producir podredumbres y contaminación y muerte de semillas. El hongo crece

entre 12 y 32 ºC con un óptimo de 24 ºC y se mantiene en los restos vegetales durante más de un año. Su control pasa por la utilización de semillas sanas, fungicidas autorizados en el cultivo, rotación de cultivo de 2 años o más y prácticas culturales encaminadas a reducir la humedad en la zona del tallo y foliar.

Figura 13. Oídio en hojas de calabaza (izda.) y exudado gomoso causado por *Didymella bryoniae* (dcha.)

- Mildiu: *Pseudoperonospora cubensis*. Los síntomas se observan en las hojas con pequeñas áreas cloróticas-amarillas en el haz de las mismas, de contorno irregular o angular que luego se necrosan y se secan. En el envés presentan inicialmente aspecto aceitoso y posteriomente aparece un vello gris violáceo. Se requiere de humedad relativa del 100 % en la superficie de la hoja y rango de temperatura entre 8 y 27 ºC, con un óptimo de 18 a 23 ºC, para que se produzca el desarrollo de este hongo, aunque soporta bien las altas temperaturas. La enfermedad se manifiesta transcurridos 3 o 4 días de la infección. Se recomienda la utilización de fungicidas autorizados en el cultivo y prácticas culturales encaminadas a reducir la humedad relativa (densidad de plantación más baja, utilizar preferiblemente riego localizado, rotaciones de cultivo…).
- Podredumbre gris: *Botrytis cinerea*. Produce principalmente daños sobre frutos, aunque puede atacar también al follaje y a las flores. Penetra a través de heridas y tejidos senescentes y se conserva en los restos de cultivo. Se disemina por el aire y por la lluvia. Las condiciones óptimas de desarrollo son temperaturas de 17 a 23 ºC, aunque puede actuar con un rango superior e inferior bastante amplio y altas humedades relativas. Para su control se utilizan fungicidas autorizados, se intentan evitar altas humedades y el riego sobre las plantas.

Figura 14. *Botrytis* en flor de calabaza (izda.) y síntomas de *Fusarium* en fruto (dcha.)

- Podredumbre blanca: *Sclerotinia sclerotiorum*. Produce chancros sobre los tallos y podredumbre blanda de los frutos. El hongo se desarrolla a temperaturas entre 5 y 30 ºC con un óptimo entre 15 y 18 ºC y alta humedad relativa. Los esclerocios se mantiene en el suelo durante varios años, por lo que es importante la eliminación y destrucción de las plantas muertas. El hongo puede llegar a contaminar las semillas. Si la parcela presenta problemas, realizar una desinfección previa a la implantación del cultivo. Con cultivo establecido hay que recurrir a la aplicación de fungicidas autorizados. Se debe evitar la humedad sobre las plantas. También hay que eliminar de la parcela las plantas afectadas con esclerocios. El hongo antagonista *Coniothyrium minitans* puede ejercer con el paso del tiempo una reducción de la enfermedad en la parcela.
- Alternaria: *Alternaria* sp. La infección se puede producir sobre frutos almacenados, a partir de daños de escaldado por el sol, por enfriamiento, roturas y grietas de la piel, aunque también puede afectar a la planta. La conservación del hongo se realiza en restos vegetales en forma de micelio durmiente, hasta que cuando se dan las condiciones ambientales de temperatura entre 21 y 32 ºC y la humedad relativa es suficientemente alta, tras un período de incubación de 3 a 12 días, se manifiesta la enfermedad. Las esporas son fácilmente diseminadas por el viento. El control requiere de rotación de cultivos de al menos dos años, evitar la humedad sobre las plantas, eliminación de restos vegetales contaminados, aplicación de fungicidas preventivos autorizados.
- Antracnosis: *Colletotrichum lagenarium*. Produce principalmente podredumbres en frutos, aunque también puede atacar al follaje.

Se conserva hasta cinco años en los restos de cultivo infectados y se puede mantener también en las semillas. Se disemina fácilmente por el agua y por contacto. Las condiciones óptimas para su desarrollo son temperaturas entre 19 y 24 ºC y 24 horas con humedad relativa del 100 %. En estas condiciones los síntomas aparecen en menos de 7 días. Para su control se recomienda evitar el agua sobre las plantas, la utilización de productos autorizados, el uso de semillas sanas, rotaciones de cultivo y retirar restos de cultivo contaminados.

- Phytophthora: *Phytophthora* sp. Puede producir podredumbres en raíces y cuello de las plantas, así como podredumbres en frutos, tanto en campo como almacenados. Se manifiesta como un moho blanco más o menos cremoso. Ante su aparición se debe proceder a la aplicación de productos autorizados de forma localizada.
- Fusariosis: En nuestro país se utilizan diferentes especies e híbridos de calabaza como portainjertos en cultivos como la sandía para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. Sin embargo, otras especies pueden afectar al cultivo de la calabaza: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria*, hongo parásito de Lagenaria sp.; *Fusarium oxysporum* f. sp. *momordicae* que causa daños sobre *Momordica charantia* (calabaza amarga) en Taiwan; *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* ha sido detectada en *C. maxima* y *C. pepo* en Tucumán, Jujuy y otras partes de Argentina. Pueden atacar a la raíz, al sistema vascular, al cuello y al fruto en campo o almacenado. Si se presenta con cultivo establecido su erradicación es muy dificultosa. Son importantes las rotaciones de cultivo no incluyendo cucurbitáceas al menos en 3 años, la desinfección del suelo y el empleo de semilla sana.
- Bacteriosis: *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* y *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*. Los síntomas sobre las hojas inicialmente se caracterizan por pequeñas manchas amarillentas a grises, grasientas al inicio del ataque y angulosas que tienden a confluir y a necrosar. Sobre frutos, manchas chancrosas, a veces gomosas pueden dar lugar a podredumbre marrón durante el almacenamiento. Se transmite por semilla y se mantiene en los restos vegetales. Su control requiere evitar exceso de humedad sobre las plantas, aplicación de productos cúpricos, eliminación de restos de cultivo y frutos afectados y utilización de semillas sanas.

3.7.3. Virosis

Muchos de los síntomas por virosis que afectan a la calabaza producen en hojas y frutos diferentes mosaicos, amarilleos, decoloraciones, abullonados, deformaciones, etc. En ocasiones una misma planta puede albergar dos o más virosis, como es el caso de la Figura 15.

Figura 15. Frutos abullonados (izda.) y síntomas de clorosis y abullonado en hoja (dcha.)

La afección sobre la planta resulta mucho más agresiva cuando esta es pequeña, por lo que es importante emplear todas las medidas preventivas para evitar la contaminación en estos primeros estados de desarrollo.

Es de suma importancia para el control de virosis el empleo de rotaciones de cultivos, control de malas hierbas que puedan servir de reservorio del virus, empleo de barreras de protección frente a los insectos transmisores de virosis, desinfección de herramientas y empleo de ropa limpia en el caso de virus transmisibles por contacto, eliminación y destrucción de las plantas infectadas cuando se detecten los primeros síntomas.

- *Virus de la hoja rizada del tomate de Nueva Delhi, Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV)*: afecta a especies de la familia de las solanáceas y cucurbitáceas, aunque también hay especies arvenses y otros cultivos a las que afecta. Los síntomas en calabaza son amarilleos, moteados, mosaico más o menos intensos en hojas, frutos con abullonados y rugosidad en la piel. Se transmite por mosca blanca *Bemisia tabaci* de modo persistente circulativa.
- *Virus del mosaico 1 y 2 de la sandía, Papaya Ring Spot Virus (PRSV) y Watermelon Mosaic Virus II (WMV2)*: el PRSV afecta a especies de la

familia de las cucurbitáceas. El WMV2 afecta tanto a cucurbitáceas como a especies de otras familias como las leguminosas. En el caso del WMV2 se observan importantes diferencias de sensibilidad varietal, siendo las calabazas amarillas muy sensibles. Ambos se transmiten por diferentes especies de pulgón de forma no persistente, por lo que los tratamientos aficidas no resultan eficaces para el control del virus.

- *Virus del mosaico amarillo del calabacín, Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV)*: el virus afecta a plantas de la familia de las cucurbitáceas y a diversas especies silvestres. Se transmite por diferentes especies de pulgón de forma no persistente. Se ha señalado su transmisión por semilla de *C. pepo*.
- *Virus del mosaico del pepino, Cucumber Mosaic Virus (CMV)*: presenta una amplia gama de hospedantes, más de 700 especies cultivadas y espontáneas. Se transmite por diferentes especies de pulgón de forma no persistente.
- *Virus del mosaico de la calabaza, Squash Mosaic Virus (SqMV)*: Se transmite por semilla, por contacto y por numerosos coleópteros fitófagos que, al alimentarse de las hojas de plantas enfermas, son capaces de transmitir el virus durante 1 a 3 semanas. Los síntomas se manifiestan tras un período de incubación de 1 a 2 semanas.

3.7.4. Accidentes y fisiopatías

- *Fitotoxicidades*: la calabaza es un cultivo sensible a la aplicación de herbicidas, ya sean residuales aplicados al mismo o en otros precedentes, derivas de cultivos colindantes o de herbicidas no utilizados correctamente. Pueden producir falta de desarrollo, quemaduras, amarilleos, deformaciones en hojas y frutos e incluso la muerte de la planta.
- *Punteaduras o manchas en la piel*: en ocasiones pueden observarse en calabaza tipo cacahuete unas manchas de color oscuro más o menos circulares en el epicarpo de los frutos, que los deprecia comercialmente. Estas manchas son consideradas por algunos autores como una alteración o fisiopatía, mientras que otros las relacionan con el hongo *Didymella Bryoniae* como agente causal de dichas infecciones. Aunque se han analizado muestras en el departamento de patología del IVIA (Valencia) sin detectar presencia de hongos, en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta se realizaron ensayos com-

parando el efecto de tratamientos fungicidas a base de clortalonil, azoxistrobin, mancozeb y oxicloruro de cobre, a partir del momento del cuajado del fruto, y con un cultivo de calabaza del tipo *Butternut*. En los resultados no se apreció una reducción significativa de los daños, con respecto a un testigo control sin ningún tipo de tratamiento, aunque sí se constató una clara sensibilidad varietal, detectada en diferentes campañas.

Figura 16. Punteaduras o manchas en la piel (izda.) y calabazas tipo *Butternut* con punteaduras (dcha.)

- *Agrietado de frutos o* cracking: grietas en la superficie del fruto, debidas a un rápido crecimiento del mismo. Esto puede ser propiciado por causas nutricionales o situaciones de estrés hídrico seguidas de riegos copiosos o lluvia.

Figura 17. Agrietado en frutos (izda.) y síntomas de helada en planta (dcha.)

- *Planchado de frutos*: por una escasa vegetación del cultivo, ya sea por falta de desarrollo del mismo o bien causada por plagas, enfermedades o virus. Los frutos que quedan expuestos a la alta radiación infrarroja acompañados de altas temperaturas, pueden presentar zonas blanquecinas que los deprecian comercialmente.
- *Deformaciones y aborto de frutos*: pueden ser debidas a diferentes causas, entre ellas, fitotoxicidad por herbicidas, mal cuaje debido a la falta de insectos polinizadores o condiciones climáticas adversas en el momento del cuaje que no permitan a los polinizadores realizar su función, como son: bajas temperaturas, lluvia, fuertes vientos, etc.
- *Granizo*: fenómeno meteorológico que puede afectar al follaje o a frutos. Los frutos más jóvenes son muy frágiles y pueden ocasionarse daños irreparables en los puntos de impacto.
- *Heladas*: La calabaza es una planta termófila. No resiste las bajas temperaturas que pueden destruir la vegetación y causar daños en los frutos cuando se sitúan cercanas a los 0 ºC.

Figura 18. Daños por frío en calabaza tipo *Butternut* (izda.) y daños por frío en la variedad 'Cabello de Ángel' (dcha.)

4. Composición y propiedades

Pueden ser consumidas asadas, cocidas, fritas, gratinadas, a partir de mermeladas o pasteles elaborados con su pulpa, acompañadas de salsas y como guarnición de diversos platos.

En cuanto a los beneficios que el consumo de calabaza tiene para la salud existen numerosos estudios. En algunos de ellos se menciona que reduce los síntomas de la hipertrofia prostática benigna, la cual se ocasiona por un alargamiento de la glándula de la próstata.

Un nutriente abundante y de gran importancia en la calabaza es el β-caroteno (provitamina A), que posee un poderoso efecto antioxidante, antiinflamatorio y previene la oxidación del colesterol en el cuerpo. Otra ventaja adicional que ofrecen los carotenos es que disminuyen los riesgos de cáncer de colon, protegiendo a sus células de los efectos dañinos que ocasionan ciertos químicos. Se piensa también que las propiedades antiinflamatorias de los β-carotenos podrían ayudar a reducir la severidad de enfermedades que incluyen inflamación, como el asma, la osteoporosis y la artritis reumática (García *et al.,* 2013). La vitamina A es interesante también para reforzar las mucosas, la piel y la vista.

Contiene ácido fólico, importante en períodos de rápida división celular, indispensable para las mujeres embarazadas como prevención de malformaciones físicas y mentales del feto y también para reducir daños en los vasos sanguíneos y proteger a las células del colon.

Además, es rica en minerales, calcio, muy baja en calorías, diurética, muy saludable y de fácil digestión. Por su bajo contenido en sodio resulta ideal para la dieta de los hipertensos (Roselló, 2003).

A partir de estudios realizados (García *et al.,* 2013) se exponen en la Tabla 1 los componentes de la calabaza en comparación con las necesidades nutricionales humanas.

Tabla 1. Composición nutricional de la calabaza

	Cantidad por porción (250 g.)	% I.D.R.[1]
Valor energético	114 kcal	5,18
Macronutrientes		
Proteínas	2,25 g	4,50
Grasa total	1,75 g	4,80
Hidratos de carbono	24,5 g	8,10
Fibra bruta	1,75 g	8,00
Vitaminas		
Carotenos	10,50 mg	119,00[2]
Ácido ascórbico	11,75 mg	15,60
Minerales		
Hierro	2,00 mg	4,40
Calcio	51,50 mg	2,06

[1] Ingesta Dietética de Referencia en base a una dieta de 2.200 kcal. Estos valores pueden ser mayores o menores dependiendo de las necesidades energéticas particulares.
[2] Este valor se estimó realizando la conversión de mg de carotenos a mg de retinol para relacionarlo así con la Ingesta Dietética de Referencia de Vitamina A.

Al realizar un análisis de la Tabla 1 se observan las siguientes particularidades:

- Se trata de un alimento con muy bajo valor calórico en virtud del elevado nivel de agua que posee, que lo ubica entre los alimentos seleccionados, primordialmente, a la hora de elaborar un plan alimenticio de descenso de peso.
- Contiene una cantidad no despreciable de fibra bruta (soluble e insoluble). En nuestro organismo la fibra participa de varias funciones: la fibra soluble demora el vaciado gástrico, reteniendo por más tiempo el alimento en el estómago y generando mayor sensación de saciedad, característica buscada en los planes para bajar de peso; en el intestino delgado, la fibra insoluble acelera el tránsito intestinal mejorando la evacuación mientras que a nivel del intestino grueso constituye un nutriente esencial para las bacterias benéficas que allí se alojan (García *et al.,* 2013).

- Se aprecia un alto contenido de β-caroteno. Este compuesto es un pigmento que tiene la posibilidad de convertirse en vitamina A activa. La vitamina A participa en variadas y diferentes funciones como la reproducción, el desarrollo fetal, el crecimiento, la inmunidad, funciones estas que se relacionan estrechamente con su participación en el proceso de diferenciación celular. Además, es necesaria para el mecanismo de la visión previniendo la ceguera nocturna.
- La vitamina C o ácido ascórbico, es un nutriente que también se destaca en este alimento. La vitamina C se requiere para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo. Es necesaria para la fabricación del colágeno, una proteína importante utilizada para formar la piel, el tejido cicatricial, los tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. Es esencial para la cicatrización de heridas y para la reparación y mantenimiento de cartílago, huesos y dientes. Actúa como antioxidante.

Su comercialización en confecciones distintas (enteras, troceadas y englobadas en envases *over-wrapped*) la gran variación existente en tamaños, formas y su difusión en los supermercados, han influido positivamente en el incremento de su consumo en España.

5. Economía del cultivo

La producción mundial, según datos del FAO, que engloba calabaza, zapayo y calabaza confitera, en la década 2003-2013 ha experimentado un incremento del 20,4 %. El continente asiático, con algo más del 65 % de la producción mundial en el año 2013, se sitúa como el principal productor de estas especies, con diferencias importantes respecto al segundo, el europeo, que representa el 13,6 % de la producción total. En la década analizada, la producción se ha incrementado en Asia, Oceanía y América, destacando el crecimiento experimentado en el continente asiático con un 34,8 %. Por contra, en el mismo período, Europa y África han experimentado una ligera disminución de la producción (Tabla 2).

Tabla 2. Producción mundial de calabaza, zapayo y calabaza confitera. En toneladas

	2003	2005	2007	2009	2011	2013	% Var. 2003-2013
América	2.652.360	2.791.345	2.610.830	2.744.066	2.735.050	2.872.414	8,3
Asia	12.004.190	12.492.119	13.797.548	14.430.802	15.960.702	16.177.533	34,8
Europa	3.547.793	2.974.193	3.066.775	3.114.550	3.401.476	3.368.703	-5,0
África	2.047.576	1.876.988	1.768.037	1.871.888	1.975.917	1.990.328	-2,8
Oceanía	239.990	234.230	310.654	287.096	271.533	270.882	12,9
Mundo	**20.491.909**	**20.368.875**	**21.553.844**	**22.448.403**	**24.344.678**	**24.679.859**	**20,4**

Fuente: FAO.

El principal productor mundial es China, seguido de la India. Entre los dos países suponen el 49 % de la producción mundial en el año 2013. En estos países se observa sendos crecimientos de la producción en la década analizada (2003-2013) del 28,4 y 39,7 % respectivamente. Entre los primeros productores, el mayor aumento se ha registrado en Irán, con un 77,7 %, seguido por España con un 54,8 %. Por el contrario, se observa una disminución de la producción en países como Ucrania, Egipto y Cuba. España ocupa el noveno puesto en cuanto a países productores mundiales (Tabla 3).

Tabla 3. Producción mundial de calabaza, zapayo y calabaza confitera por países. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
China	5.574.749	5.756.804	6.309.624	6.506.971	6.965.200	7.155.250	28,4
India	3.507.745	3.170.911	3.904.827	4.022.663	4.695.542	4.900.000	39,7
Rusia	1.032.720	1.081.360	1.029.720	1.123.360	1.175.890	1.128.205	9,2
Irán	505.000	651.771	707.151	674.991	951.253	897.293	77,7
EEUU	718.300	825.311	803.947	749.880	814.335	796.872	10,9
Ucrania	893.700	585.400	524.700	559.900	626.900	610.800	-31,7
México	543.221	511.305	516.721	577.067	525.445	544.988	0,3
Egipto	802.235	690.000	724.579	624.893	633.557	543.334	-32,3
España	344.497	297.000	373.600	310.000	393.100	533.200	54,8
Italia	469.466	488.054	531.904	509.491	538.534	530.000	12,9
Cuba	481.784	550.111	455.500	413.191	340.328	412.028	-14,5
Turquía	368.000	368.000	337.882	411.942	410.804	388.785	5,6

Fuente: FAO.

En Europa, la producción durante el período 2003-2013 no se ha visto apenas modificada, experimentando una ligera variación del 0,4 %. Los principales países productores son España e Italia. La producción de estos dos países supuso en 2013 aproximadamente el 66 % del total de U-27. Los países de la U-27 que han incrementado notablemente sus producciones, con cifras entre el 40 y el 90 % en estos años han sido Polonia, Bélgica, España, Hungría, Portugal y Países Bajos. Por el contrario, Francia y Eslovaquia han disminuido sus producciones en un 53 y 45 %, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de calabaza, zapayo y calabaza confitera por países UE-27. En toneladas

País	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Variación (%)
España	344.497	297.000	373.600	310.000	393.100	533.200	54,8
Italia	469.466	488.054	531.904	509.491	538.534	530.000	12,9
Alemania			75.422	82.092	88.156	97.007	28,6
Francia	203.131	171.824	183.045	105.950	123.498	95.489	-53,0
Grecia	87.000	100.438	88.268	76.000	77.400	82.839	-4,8
Rumania		49.215	62.117	96.526	98.847	62.042	26,1
Bélgica	29.800	34.300	33.300	37.000	47.528	50.000	67,8
Polonia	22.698	36.247	40.250	53.069	60.687	43.196	90,3
Hungría	11.867	14.017	11.612	26.635	20.192	18.000	51,7
Países Bajos	12.000	12.000	14.000	18.500	18.000	17.000	41,7
Austria	13.990	10.802	15.641	16.017	19.671	16.875	20,6
Bulgaria	15.752	3.712	4.411	4.250	817	15.287	-3,0
Portugal	9.726	11.803	13.500	14.100	13.039	14.168	45,7
Eslovaquia	22.000	22.758	14.449	15.301	14.000	12.000	-45,5
UE-27	**1.593.073**	**1.265.665**	**1.474.883**	**1.376.314**	**1.529.102**	**1.600.131**	**0,4**

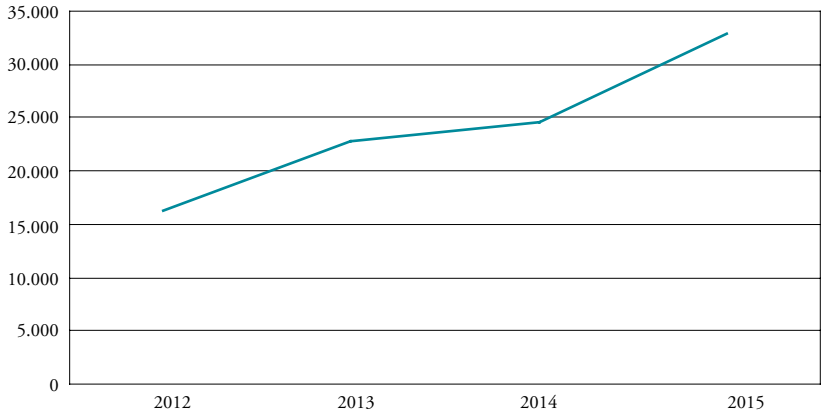
Fuente: FAO.

5.1. Comercio exterior

Las exportaciones españolas de calabaza al continente europeo se han duplicado del año 2012 al 2015, pasando de 16.340 a 32.965 t, según podemos observar en el Gráfico 1. En el año 2014 se vendieron a Europa 24.542 t, mientras que las exportaciones extracomunitarias fueron de 7.942 t. El principal destino fue a la Unión Europea, destacando Francia y Alemania, con 7.867 y 7.602 t respectivamente, seguidos por Reino Unido, Países Bajos e

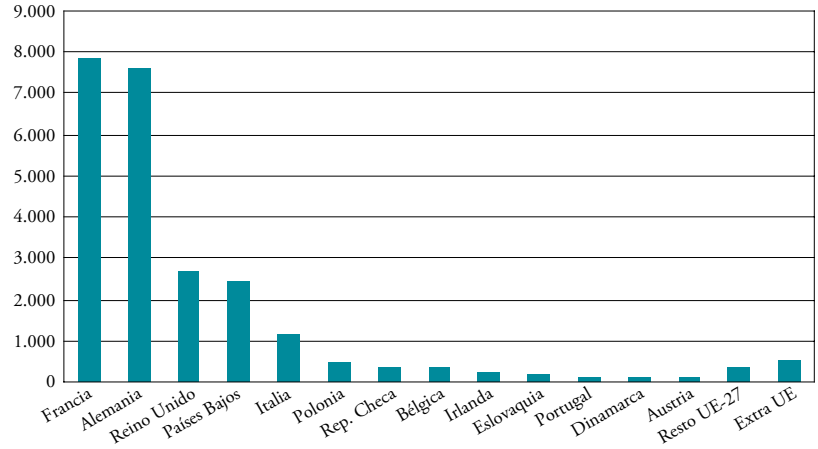
Italia (Gráfico 2). Estas exportaciones se produjeron principalmente entre los meses de octubre a mayo (Gráfico 4).

Gráfico 1. Exportaciones españolas de calabaza (2012-2015). En toneladas



Fuente: FEPEX.

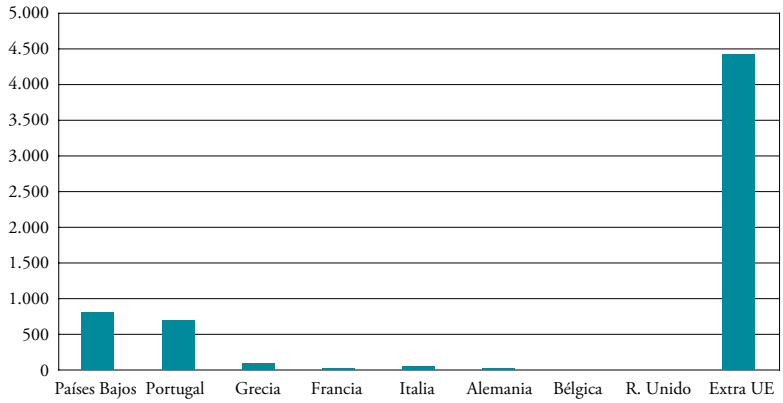
Gráfico 2 . Destino de las exportaciones españolas de calabaza a Europa (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

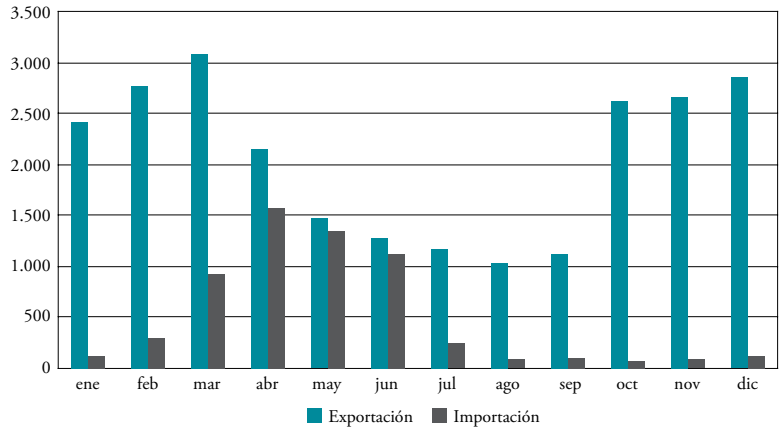
Las principales importaciones españolas de calabaza en el año 2014 provinieron de países extracomunitarios, con un total de 41.257 t. Del continente europeo se importaron en ese año un total de 6.092 t, de las cuales 1.668 t correspondieron a países UE-27, principalmente Países Bajos y Portugal, y 4.424 t a países extra UE (Gráfico 3). Dichas importaciones se produjeron principalmente entre los meses de marzo y junio (Gráfico 4).

Gráfico 3. Importaciones españolas de calabaza de Europa (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

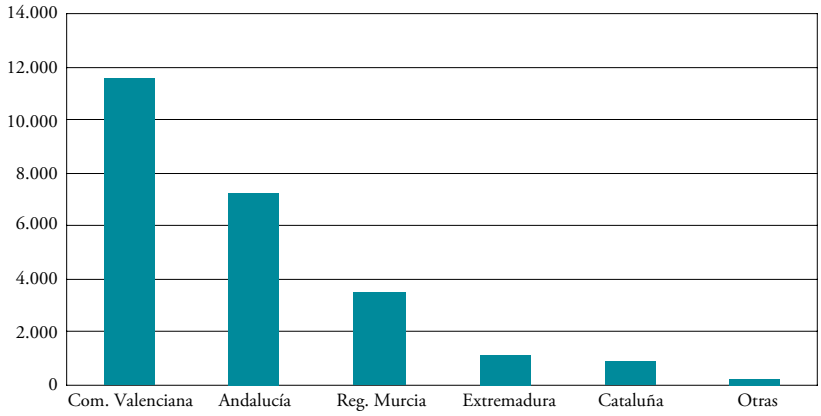
Gráfico 4. Exportaciones e importaciones españolas de calabaza por meses (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

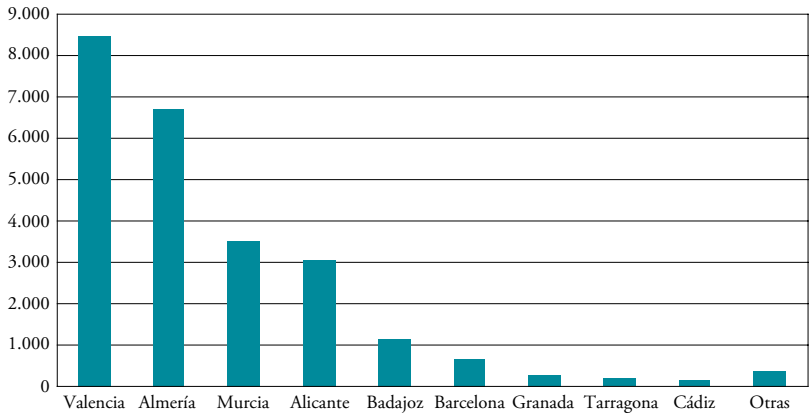
La primera comunidad autónoma exportadora en el año 2014 fue la Comunidad Valenciana con 11.557 t, seguida de Andalucía con 7.213 t. Por provincias, las más destacadas fueron Valencia y Almería, con 8.468 y 6.719 t respectivamente, seguidas de Murcia y Alicante con 3.521 y 3.060 t (Gráfico 6). Las cuatro provincias supusieron en ese año cerca del 89 % de las exportaciones españolas a Europa.

Gráfico 5. Exportaciones españolas de calabaza por comunidades autónomas (2014). En toneladas



Fuente: FEPEX.

Gráfico 6. Exportaciones españolas de calabaza por provincias (2014). En toneladas

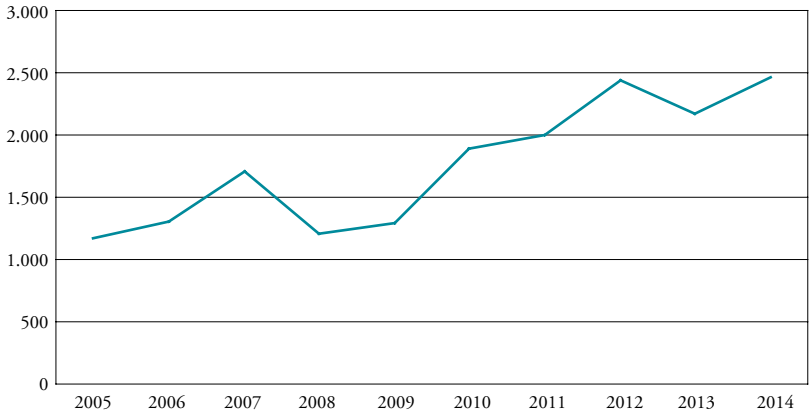


Fuente: FEPEX.

5.2. Producción nacional

En España desde el año 2005 al 2014 se observa un incremento importante de la superficie destinada al cultivo de la calabaza, pasando de las 1.165 ha en el año 2005 a las 2.460 ha en el 2014, lo que supone un avance del 111 % (Gráfico 7).

Gráfico 7. Evolución de la superficie española de calabaza (2005-2014). En hectáreas



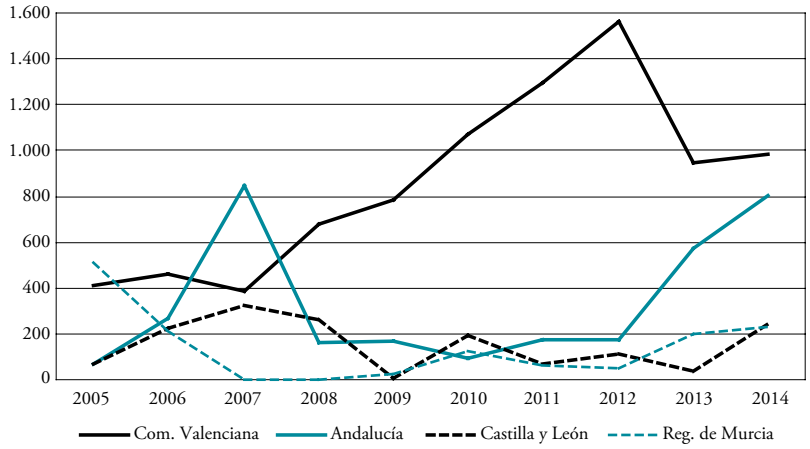
Fuente: Magrama.

La Región de Murcia, que ocupaba en el año 2005 la mayor superficie cultivada en España con 513 ha, experimentó un descenso muy acusado, aunque a partir del año 2012 se observa un moderado aumento de la misma, situándose en el año 2014 en las 231 ha. Castilla y León aumentó su superficie de cultivo entre los años 2005 al 2007, descendiendo a partir de ese año y volviendo a repuntar a partir del 2010, situándose en el año 2014 en 243 ha cultivadas. Andalucía experimentó un aumento considerable de la superficie destinada al cultivo a partir del año 2012, pasando de las 176 ha a las 802 ha, lo que supuso un incremento del 355 %. La Comunidad Valenciana, que es la principal productora de calabaza en España, experimentó un crecimiento importante de la superficie, pasando de las 383 ha del año 2007, a las 986 ha en el 2014, con un máximo en el año 2012 de 1.560 ha (Gráfico 8).

Por comunidades autónomas, en el año 2014, la Comunidad Valenciana representó el 40 % de la superficie destinada al cultivo de la calabaza en España, Andalucía el 33 %, Castilla y León el 10 %, la Región de Murcia el

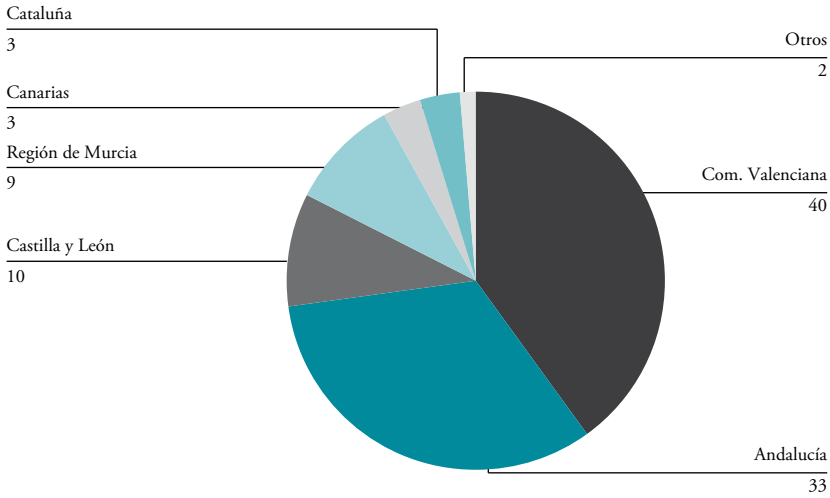
9 %, Canarias y Cataluña el 3 % cada una de ellas y otras comunidades el 2 % (Gráfico 9). Debido a la aparición en los últimos años del virus de Nueva Delhi, transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, se está produciendo un ligero incremento de la superficie de cultivo en nuevas zonas como Castilla-La Mancha, donde la presión del insecto vector es mucho más baja.

Gráfico 8. Evolución de la superficie en las principales zonas productoras españolas (2005-2014). En hectáreas



Fuente: Magrama.

Gráfico 9. Superficie de calabaza por comunidades autónomas (2014). En porcentaje



Fuente: Magrama.

Referencias Bibliográficas

Baixauli, C.; Aguilar, J. M.; Giner, A.; Nájera, I.; Maroto, J. V.; San Bautista, A.; López, S.; Pascual, B. y Miguel, A. (2010): *Production of Malabar Gourd (Cucurbita ficifolia) without Seeds in Fruits*. 28th International Horticultural Congress. Abstracts. Volume II (Symposia); pp. 616.

Blancard, D.; Lecoq, H. y Pitrat, M. (1991): *Enfermedades de las cucurbitáceas. Observar, identificar, luchar*. Madrid, ed. Mundi-Prensa.

Díaz, J. R. y García-Jiménez, J. (1994): «Enfermedades de las cucurbitáceas en España»; *Monografía de la sociedad española de fitopatología* (1).

Dughetti, A y Lanati, S. (2013): *Las plagas del zapallo y sus enemigos naturales. Manual del cultivo del zapallo anquito* (X); pp. 245-282.

García, M. L.; Sidoti, B. y Della, P. (2013): *Caracterización nutricional de frutos de zapallo anquito. Manual del cultivo del zapallo anquito* (XIII); pp. 337-344.

Giner, A.; Aguilar, J. M.; Núñez, A.; Nájera, I. y Baixauli, C. (2012): *Memoria de actividades. Resultados de ensayos hortícolas*. Generalitat Valenciana, Fundación Ruralcaja.

Hochmuth, G. y Hanlon, E.: *A summary of N, P. and K Research with Squash in Florida*.

Japón, J. (1981): *Hojas divulgadoras. Cultivo de calabazas*. Gobierno de España, Ministerio de Agricultura.

Kiehr, M. y Delhey, R. (2013): *Enfermedades del zapallo. Manual del cultivo del zapallo anquito* (IX); pp. 189-244.

Marín, J. (2015): *Portagrano de variedades hortícolas* (XV edición).

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa, 5.ª edición.

Mesiaen, C. M.; Blancard, D.; Rouxel, F. y Lafon, R. (1995): *Enfermedades de las hortalizas*. Madrid, Mundi-Prensa, 3.ª edición.

Namesny, A. (1999): *Post-recolección de hortalizas* (III). Ed. de Horticultura, SL.

Pomares, F. (2016): *Comunicación personal*.

Rodríguez, R. A. (2013): *Fertilización y abonado del zapallo anquito* (VII); pp. 125-156.

Roselló, M. J. y Torreiglesias, M. (2003): *Comida sana*. Ed. Plaza Janés.

Vallejo, F. A. y Estrada, E. I. (2004): *Producción de hortalizas de clima cálido.* Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.

Zitter, T.; Hopkins, D. y Thomas, C. (2004): *Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas*. Madrid, ed. Mundi-Prensa.

Páginas web:

www.agricultura.gva.es

www.faostat.fao.org

www.fepex.es

www.magrama.gob.es

www.wilkipedia.es

Fresón

Salvador López Galarza
Universitat Politècnica de València

1. Introducción

La palabra fresón se utiliza en castellano para denominar a la especie *Fragaria x ananassa* Duch, octoploide, de hojas, flores e infrutescencias (frutos) grandes, para diferenciarla de las especies de hojas, flores y frutas pequeñas denominadas comúnmente fresas, que incluyen a las especies *Fragaria vesca* L. (diploide), *Fragaria moschata* Duch (hexaploide), etc. conocidas como fresas de los bosques.

Estas últimas fueron utilizadas desde antiguo –citadas por los autores romanos Virgilio, Plinio u Ovidio–, recolectadas al principio como silvestres. Más tarde fueron cultivadas en jardines y pequeños huertos, principalmente a partir del siglo XVI, hasta la introducción de los cultivares de fresón de frutos grandes. Actualmente son cultivadas ocasionalmente algunas variedades como especialidad, puesto que el pequeño tamaño de los frutos ocasiona un elevado coste de recolección, que repercute en elevados precios del producto en mercado. Con todo, las fresas siguen comercializándose, al ser apreciadas por su delicado aroma y sabor.

El fresón, tal y como se conoce actualmente, es el resultado de hibridaciones entre las especies octoploides americanas *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis*, originarias, como sus nombres indican, de Virginia y de las costas de Chile.

Ambas especies fueron incorporadas a los jardines europeos entre los siglos XVI y XVIII. Primero se introdujeron algunas selecciones de *F. virginiana*, que fueron incluso cultivadas comercialmente, y más tarde unas selecciones de *F. chiloensis*, que casualmente fueron solo formas pistiladas, con lo que debían ser polinizadas para su correcta fructificación con polen de *F. virginiana*. Como resultado de esas hibridaciones apareció una nueva especie autofértil, de frutos grandes y atractivos, que pronto alcanzó gran populari-

dad, comenzando a ser cultivada ya durante el siglo XVIII a través de algunos cultivares obtenidos primero en algunos países europeos, fundamentalmente Reino Unido y Francia, y más tarde en EEUU.

El hecho de que los fresones actuales pertenezcan a la especie *Fragaria x ananassa* Duch, una especie octoploide (2n = 8x = 56), explica la gran adaptación de esta especie a gran diversidad de climas y suelos, pudiendo encontrase en zonas desérticas muy meridionales o en zonas alpinas muy septentrionales.

Las frutas, botánicamente denominadas infrutescencias, son muy apreciadas para su consumo en fresco o mínimamente procesadas, principalmente como postre, por sus cualidades organolépticas, principalmente dulzor y aroma, así como por su bajo contenido en calorías y sus altos contendidos en vitamina C y polifenoles (p. ej., ácido elágico), considerados como protectores frente a algunos cánceres. Forman parte también de multitud de preparados de la industria alimentaria como helados, yogures, mermeladas, pasteles, batidos, etc.

España es el tercer país productor del mundo, con un elevado porcentaje de su producción destinado a la exportación. Esta producción se localiza mayoritariamente (97 %) en la provincia de Huelva.

2. Características botánicas

Fragaria x ananassa Duch es una especie octoploide que pertenece a la familia *Rosaceae.* Como integrante a esta familia, las plantas tienen algunas características morfológicas y comportamiento fisiológico comunes a algunos frutales de la misma familia.

Son plantas vivaces, que se perpetúan a través de los estolones que produce la planta en determinadas condiciones ambientales.

Tienen un sistema radical fasciculado que se desarrolla muy superficialmente, el 90 % se encuentra en los primeros 25 cm de suelo. Aparecen entre 20 y 30 raíces principales a lo largo del desarrollo anual de la planta, que salen directamente de la(s) corona(s) en las que el fresón acumula las reservas en forma de almidón en las condiciones oportunas, así como multitud de raíces secundarias y terciarias fibrosas que forman una densa cabellera de raíces.

Los tallos, denominados coronas, son cortos y cónicos. En ellos se insertan las hojas en disposición helicoidal (1:5). Las hojas son largamente pecioladas, con estípulas en la base y con tres foliolos aserrados. En la axila de cada hoja

aparece una yema, en principio latente, que puede diferenciarse bien como una ramificación de la corona o corona secundaria, bien como una inflorescencia o bien como un estolón, dependiendo de las condiciones ambientales.

Las inflorescencias aparecen de forma simpodial, aunque parezcan monopódicas. Tienen una estructura botánica de cima, habitualmente bíparas, en las que las flores están jerarquizadas, siendo la central más grande que las secundarias y estas mayores que las de orden tres, etc., lo que afecta al tamaño final de la fruta. Cada flor está formada por un receptáculo floral que alberga entre 150 y 250 flores femeninas, rodeado de estambres, y el conjunto rodeado por cinco pétalos habitualmente blancos.

La polinización es mayoritariamente entomófila, formando unos frutos (aquenios) que se conocen habitualmente como las semillas del fresón, pero que son botánicamente los frutos. Debido a su carácter octoploide y la elevada heterocigosis de su dotación genética, la descendencia es tremendamente segregante y en consecuencia los aquenios no se pueden utilizar comercialmente de manera habitual, de momento, como forma de propagar el cultivar. No obstante, en los últimos años han aparecido cultivares híbridos F1 propagados por semilla.

Para que la infrutescencia tenga una forma perfecta, todas las flores femeninas del receptáculo floral deben ser polinizadas, ya que la infrutescencia se forma por el engrosamiento del receptáculo floral como consecuencia de la liberación de auxinas por los óvulos fecundados. De manera, que si alguna flor femenina no se fecunda no se liberan auxinas en la proximidad y no crece esa parte del receptáculo, produciéndose infrutescencias más o menos deformadas. Evidentemente cuanto mayor es el número de flores femeninas del receptáculo floral, y consecuentemente el tamaño del receptáculo, mayor tamaño final alcanza la infrutescencia.

La falta de abejas, abejorros u otros insectos polinizadores, más frecuente al principio de la campaña, en las condiciones ambientales del invierno, ocasiona un mayor número de frutos deformados y en consecuencia la producción pierde valor comercial. Algunos otros factores pueden ocasionar también un mayor número de frutos deformados, como la falta de polen, o de la fertilidad o viabilidad del mismo, como consecuencia de las condiciones ambientales, del estado nutricional de la planta –por ejemplo en boro–, de la incidencia de plagas –trips– etc.

Los estolones son tallos de entrenudos largos en los que en cada nudo, a partir del segundo, se forma una roseta de hojas y raíces adventicias, pudiendo también ramificarse. Esta estructura morfológica, al formarse a ras del suelo, enraíza fácilmente. Estas plantas hijas pueden formar también estolones, permitiendo a una planta formar una maraña de plantas hijas, exactamente iguales a la planta madre. Esta característica se utiliza como forma de multiplicación clonal del cultivar, ya que como se ha dicho la descendencia a través de los aquenios en muy segregante.

3. Fisiología

Desde el punto de vista fisiológico, las plantas de fresón se comportan como un frutal caducifolio aunque no suelen perder las hojas con facilidad. Durante el otoño, como consecuencia de la disminución del fotoperiodo y de la disminución de la temperatura, las plantas de fresón van disminuyendo su actividad vegetativa, acumulando reservas en forma de almidón en las raíces. Al mismo tiempo, van iniciándose las inflorescencias cuando se alcanzan condiciones inductivas, y las plantas van entrando progresivamente en latencia si las temperaturas que se alcanzan son suficientemente bajas. En zonas muy frías, la planta latente puede soportar temperaturas inferiores a -10 °C y/o condiciones de encharcamiento y evidentemente pierde las hojas. En zonas más templadas no suelen entrar en latencia completa y no pierde las hojas, al menos de forma completa. Evidentemente este comportamiento diferente obedece no solo a las distintas condiciones ambientales sino también a las diferencias de genotipo (cultivar).

A la salida de la latencia, más o menos profunda dependiendo del genotipo y de las condiciones ambientales tal y como se ha comentado, la planta de fresón inicia progresivamente el desarrollo vegetativo, apareciendo nuevas hojas. En aquellos genotipos que tienen una latencia profunda, las plantas necesitan acumular un número suficiente de horas frío, por debajo de 7 ºC, para que la brotación y el desarrollo de las primeras inflorescencias sea normal.

El desarrollo vegetativo será tanto más vigoroso cuanto mayores sean las reservas acumuladas en el otoño y/o menor sea la movilización requerida de estas reservas dependiendo de que las plantas hayan perdido o no las hojas y por tanto capacidad fotosintética.

Posteriormente, y durante un período más o menos largo, dependiendo de las condiciones ambientales de la zona de producción y del cultivar, en las

plantas coinciden los procesos de formación de hojas, de inflorescencias y de infrutescencias (en adelante frutos).

La inducción floral en fresón se produce como respuesta al fotoperiodo en interacción con la temperatura y el genotipo. Otros factores como la nutrición de la planta, particularmente los niveles de nitrógeno, pueden también afectar a este proceso.

Obviamente, cuanto mayor es el número de coronas, y por tanto el número de yemas, cuando se dan las condiciones inductivas, mayor será el número de inflorescencias que se formen y, en principio, mayor el número de frutos formados.

Dependiendo del fotoperiodo crítico requerido para la inducción floral y de la influencia de la temperatura en el mismo, a los cultivares de fresón se les clasifica comúnmente en tres grupos:

- Cultivares denominados como de «día corto», no reflorecientes o de una cosecha al año. Son aquellos cuya respuesta fotoperiódica es como su nombre indica a los días cortos, y los fotoperiodos críticos suelen ser bajos. De acuerdo con la reciente revisión al respecto (Heide *et al.*, 2013), la exigencia en fotoperiodo en estos cultivares es cuantitativa, modulada por la temperatura y por el genotipo, tanto en su respuesta al tipo fotoperiódico, como en la longitud crítica del día por debajo de la cual el fotoperiodo reinante es capaz de inducir la floración. La temperatura podría incluso modular la longitud crítica del día para un determinado genotipo, tal y como fue propuesto por Roudeillac y Veschambre (1997), de manera que si la temperatura es baja, el fotoperiodo crítico es más grande y en consecuencia más amplio es el período inductivo. Si posteriormente las condiciones ambientales durante el período productivo son buenas, hecho que no siempre ocurre en estos casos, el número de inflorescencias y el número de frutos será mayor. Y al contrario, si la temperatura durante el período inductivo es alta, el fotoperiodo crítico será menor y en consecuencia el período inductivo más restringido. En cualquier caso, estos cultivares pueden inducirse a floración entre el otoño y la primavera, y las inflorescencias iniciarse y/o diferenciarse para dar producción en parte de ese período y hasta final de la primavera según lo bajas que sean las temperaturas y estas afecten a dichos procesos.

- Cultivares de «día largo», llamados también semi-reflorecientes o reflorecientes, de dos cosechas al año, que son inducidos a floración en días largos, con un fotoperiodo crítico más elevado. Debido a que tienen una latencia más acusada, y por tanto aguantan más el frío, se utilizan en zonas más septentrionales, pasando una parte del año latentes. La respuesta fotoperiódica a los días largos está también regulada por la temperatura, de manera que es cuantitativa a temperaturas intermedias y cualitativa a temperaturas altas. En esas condiciones las plantas solo pueden inducirse a floración en primavera y final de verano, y en consecuencia la diferenciación floral y la fructificación ocurren en dos períodos, a finales de la primavera o principios de verano y a principios de otoño.
- Y por último, los cultivares de «día neutro», indiferentes al fotoperiodo o completamente reflorecientes que, como su nombre indica, son inducidos a floración con independencia del fotoperiodo. Para algunos, estos cultivares son realmente inducidos en días largos, teniendo una respuesta cuantitativa a los días largos con temperaturas suaves pero una respuesta obligada cuando se exponen a altas temperaturas, manifestando una clara indiferencia al fotoperiodo con temperaturas bajas. En cualquier caso, aunque teóricamente pueden ser inducidos a floración durante todo el año, realmente la producción tiene las restricciones de las bajas temperaturas en invierno, como los otros dos grupos, y las restricciones de las altas temperaturas y altas intensidades luminosas del verano, donde pueden coincidir con la formación de estolones.

En todo caso, debe tenerse en cuenta que la interacción «genotipo x fotoperiodo x temperatura» en una especie octoploide como *Fragaria x ananassa* es sumamente compleja, por lo que la clasificación anterior no está aún claramente dilucidada.

Los estolones solo se inician en condiciones de día largo, temperaturas elevadas e iluminaciones elevadas, es decir, durante el verano, de forma antagónica a la floración. Por ello, ambos procesos raramente coinciden. Los días largos son también los responsables de una mayor expansión foliar, del alargamiento de los pecíolos de las hojas o del alargamiento de los pedúnculos de las inflorescencias.

Figura 1. Estolonado de fresón en vivero

Los efectos de los días largos pueden ser promovidos, o simulados, por medio de la aplicación de giberelinas, y en concreto ácido giberélico, de manera que la giberelinas son necesarias para la iniciación de los estolones y para el control de la diferenciación de las yemas axilares de la corona, y por tanto la determinación de la formación de coronas secundarias o de inflorescencias, o en su caso de estolones. La simulación de los días largos a través del uso exógeno de ácido giberélico se ha utilizado de forma práctica para promover el desarrollo de estolones en los viveros y también para acelerar el alargamiento de los pedúnculos de las inflorescencias en los primeros momentos de la aparición de las mismas en la corona, con el fin de adelantar la floración y ganar en precocidad. La simulación de los días largos puede también conseguirse mediante la rotura del nictiperiodo en producciones forzadas.

Las plantas de fresón se desarrollan de forma óptima con temperaturas suaves, alrededor de 21-23 °C. Con temperaturas ligeramente negativas las flores se hielan con facilidad, comenzando por el necrosamiento del receptáculo floral. No obstante, las plantas en estado completamente latente pueden soportar temperaturas extremadamente bajas, aproximadamente hasta -10 ºC, dependiendo de genotipos y de la aclimatación a las mismas, lo que se aprovecha para la producción de las plantas «frigo». Con temperaturas frescas, menores de 10-12 ºC, el crecimiento es lento y puede afectarse la viabilidad del polen, lo mismo que con temperaturas altas, superiores a 30 ºC.

Ya se ha comentado la importante relación del fotoperiodo en interacción con la temperatura en la entrada en latencia, inducción, iniciación y diferenciación floral en cada genotipo. En concreto, para cultivares de día corto bien adaptados a las condiciones meridionales españolas, las plantas no entran en latencia completa y, como las temperaturas son suaves, la iniciación floral ocurre desde el otoño hasta la primavera mientras no se alcance el fotoperiodo crítico. En consecuencia, en tanto la radiación interceptada sea suficientemente alta, el período de diferenciación floral, floración y fructificación se extiende desde el inicio del invierno –final del año– hasta el final de la primavera o inicio del verano, dependiendo de las temperaturas que se alcancen en esas fechas.

En cuanto a suelos, el fresón vegeta mejor en condiciones de pH ligeramente ácido, entre 6 y 6,5. En suelos de reacción alcalina se manifiestan con frecuencia síntomas de clorosis férrica, tanto más acusada cuanto mayor es la sensibilidad del cultivar utilizado, lo que obliga en estos casos al aporte frecuente de hierro en formas quelatadas. Además, es una planta sensible a la salinidad, lo que obliga a ajustar el cultivo a zonas con suelos y aguas apropiadas, y a fraccionar el abonado o ajustar correctamente la fertirrigación para no superar conductividades eléctricas superiores a 1,5-2,0 dS/m de la solución aportada y controlar adecuadamente la conductividad eléctrica en la solución del suelo, no superando valores de 2,0 dS/m. Esta sensibilidad al estrés salino es particularmente acusada en las primeras semanas después del trasplante, hasta que el sistema radical de la planta alcanza su completo desarrollo.

Prefiere suelos de consistencia ligera en los que el sistema radical se desarrolle adecuadamente, generando un amplio sistema, y a la vez propiciando un correcto drenaje, evitando encharcamientos a los que las plantas de fresón son muy sensibles. Se recomiendan suelos con un contenido medio en materia orgánica (entre 1,5 y 2,5 %).

4. Cultivo

4.1. Material vegetal

En las áreas templadas como las españolas los cultivares mejor adaptados son los de «día corto», con escasa latencia y por tanto con bajas necesidades en frío, ya que las condiciones climáticas del otoño-invierno y primavera permiten que la parada invernal sea muy corta y, por tanto, pueda sacarse ventaja

del hecho de producir en épocas en las que otras áreas climáticas no pueden hacerlo o necesitarían muchos requerimientos energéticos para poder hacerlo.

Además, los cultivares semi-reflorecientes, aunque de mejor sabor y más dulces, suelen ser de calibre más pequeño y menos firmes que los de «día corto», y estas características son de gran importancia para la estructura y la política comercial en estas áreas, donde se busca la comercialización a grandes distancias y con bajos costes de producción.

Los cultivares de «día neutro» se utilizan en dos estrategias productivas. En unos casos para cubrir la demanda de fruta entre junio y septiembre, completando la campaña habitual de los cultivares de día corto. Esto se realiza en zonas muy concretas, como en áreas de Segovia, Valladolid, Galicia o la costa oeste de Portugal. En este caso, la plantación se realiza en abril-mayo con planta «frigo». La otra estrategia es realizar plantaciones a mediados de septiembre en la zona de Huelva utilizando plantas con cepellón o de forma más arriesgada a raíz desnuda, para obtener producciones a partir de la segunda quincena de noviembre, tratando de cubrir la comercialización de diciembre y enero, cuando los precios son más elevados. No obstante, la demanda en estas fechas suele ser baja, y esta estrategia puede resultar arriesgada si la superficie plantada fuera más elevada de lo normal. También pueden ser aptos en otras zonas para producciones locales o de cadena corta, para completar la producción de los cultivares de día corto y así satisfacer la demanda durante un período más amplio en el año. En ambos casos se utiliza mayoritariamente el cultivar 'San Andreas', pero también puede usarse 'Albion' o 'Portola'.

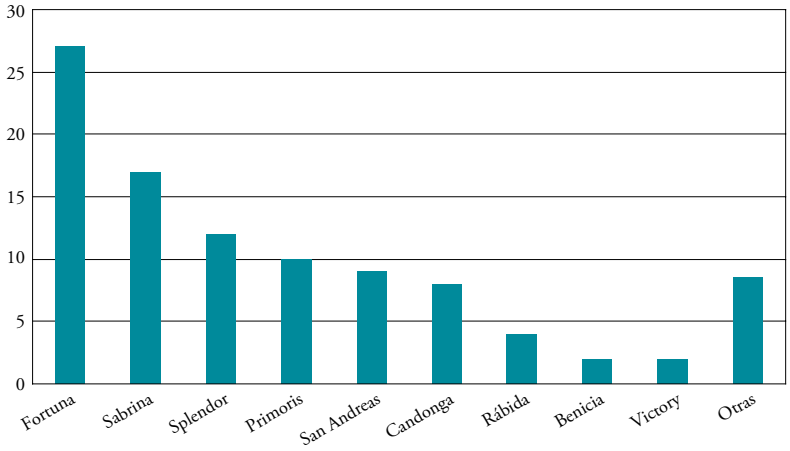
Los cultivares de fresón en España suelen ser muy cambiantes. Cada año aparecen en el mercado nuevas referencias ofertadas por las distintas empresas dedicadas a la obtención/comercialización de dichos nuevos cultivares. La hegemonía de las variedades obtenidas por la Universidad de California en los primeros años del comienzo de la instauración del sistema de cultivo californiano, a mediados del pasado siglo, fue cambiando con la aparición de cultivares obtenidos en las condiciones españolas tanto por organismos públicos (IVIA, IFAPA) como por empresas privadas (Planasa), que competían bien en nuestras condiciones con los cultivares californianos.

En los últimos años, junto a la Universidad de California, el grupo Inotalis –surgido de la fusión de Planasa y Darbonne–, Fresas Nuevos Materiales (FNM) como empresa española, la Universidad de Florida, y algunas otras empresas californianas, como Driscoll's, así como la colaboración entre INIA,

Junta de Andalucía y algunas empresas privadas del sector, son las que están cubriendo el mercado actual de variedades de fresón.

En concreto, en la campaña 2014/15, fueron los cultivares más utilizados y su cuota aproximada de mercado, que como se ha dicho es muy cambiante año tras año, son las que aparecen en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Cuota de mercado de las variedades de fresón en la campaña 2014/15. En porcentaje



Fuente: Grupo de la fresa del IFAPA (Junta de Andalucía). Elaboración propia.

Todos ellos son de día corto, salvo 'San Andreas' que es de día neutro moderado.

Como muestra del tremendamente cambiante espectro varietal, que demuestra el dinamismo del sector, según comunicaciones verbales de algunos productores, en la presente campaña 'Fortuna' ha crecido, 'Splendor' ha reducido muchísimo su cuota y 'Primoris' ha aumentado.

Los cultivares de fresón para una determinada zona –y por tanto para unas condiciones ambientales concretas– deben estar bien adaptados, lo que significa poder expresar las características deseables en las condiciones concretas de clima y suelo. Estas características, para zonas en las que la exportación sea mayoritaria, pasan *a fortiori* por tener suficiente firmeza del fruto y buena resistencia al transporte y puesta en el mercado. Para mercados de cercanía las características de sabor y aroma pueden ser tanto más importantes como

las anteriores. En todo caso, y además, un cultivar de fresón debe dar altos rendimientos de fruta de primera, es decir de un buen tamaño y bien formadas, presentar una producción estable a lo largo de la campaña, tener buena precocidad –ya que los precios medios descienden linealmente a medida que avanza el período productivo–, tener un porte adecuado que facilite la recolección y disminuya los problemas patológicos, y tener una baja sensibilidad a las plagas –principalmente araña roja– y a las principales enfermedades –sobre todo oídio y *Botrytis*– para poder ofertar fruta ajustada a los programas de certificación exigidos por el mercado.

4.2. Viveros y material de plantación

Como se ha comentado, los estolones se utilizan para la propagación del cultivar debido a la importante segregación genética que se produce en la multiplicación a través de las semillas (aquenios). Como todo sistema de multiplicación clonal, este debe controlarse para evitar la pérdida de calidad en las plantas hijas, principalmente de transmisión de enfermedades y plagas, pero también de degeneración del material vegetal como consecuencia de la utilización del cultivo de meristemos y micropropagación en las primeras fases de la obtención de plantas, que al igual que en otras plantas que se multiplican clonalmente, siguen un protocolo muy similar.

Para la obtención de las plantas certificadas, se plantan plantas madre certificadas, en primavera -entre abril y mayo-, en zonas de altitud, de suelo arenoso y alejadas de las zonas de producción para evitar contaminaciones del material vegetal.

Los suelos arenosos son necesarios para evitar encharcamientos y sobre todo para que los estolones enraícen mejor, formen más biomasa radical, y puedan arrancarse con facilidad y sin perder masa radical.

La altitud es necesaria para que las plantas en el vivero puedan ralentizar su desarrollo vegetativo cuanto antes, como consecuencia de una más pronta bajada de las temperaturas, para poder así ser arrancadas y manejadas a raíz desnuda y poder soportar el estrés del arrancado, manipulación y transporte a las zonas de producción, lo que obviamente no podría hacerse si estuvieran en crecimiento vegetativo activo. Interesa poder trasplantar cuanto antes en otoño para que las plantas tengan tiempo para enraizar y formar suficiente biomasa antes del período de temperaturas más bajas y fotoperiodos más cor-

tos, asegurando que después de ese período, en el reinicio de la actividad vegetativa, la planta tenga entidad suficiente para soportar una carga productiva abundante y de calidad.

Figura 2. Establecimiento de un vivero de altura de fresón

En las condiciones españolas, lo más pronto que pueden arrancarse los viveros para asegurar una elevada tasa de éxito (supervivencia) en el trasplante con plantas a raíz desnuda es a principios de octubre. Con estas fechas, las plantaciones en la zona de Huelva aseguran un correcto enraizamiento y supervivencia. No obstante, algunas variedades soportan mejor que otras el arrancado del vivero y trasplante más precoz con un buen éxito de arraigado. En cualquier caso, un excesivo adelanto de la plantación podría ocasionar también una emisión abundante de estolones en terreno definitivo, con los problemas que eso ocasiona.

Las plantas arrancadas se someten a un proceso de limpieza de la raíz, que al producirse en suelos arenosos no es complicado. Se eliminan las hojas, se agrupan en manojos, se embolsan y encajan –entre 500 y 600 plantas por caja–, y se paletizan para ser transportadas a 4-5 ºC de forma inmediata a las zonas de plantación.

Sin embargo, en las zonas en las que los otoños son más frescos que los de Huelva u otras zonas meridionales, y no se cultiva bajo suficiente protección climática, no hay integral térmica suficiente para que la planta produzca bio-

masa suficiente y, en consecuencia, cuando se reinicia la actividad de la planta a la salida del invierno esta no puede soportar la producción de los primeros frutos y, o bien se eliminan los primeros ramilletes florales con el consiguiente retraso en la entrada en producción, o la planta se colapsa.

Figura 3. Plantas «frescas» de fresón a raíz desnuda

La plantación en estos casos debería realizarse antes, pero la fecha de arrancado está limitada por el inicio de la parada de la planta en el vivero de altura que, como se ha comentado, es como muy pronto a primeros de octubre para las condiciones españolas.

Como alternativa, en estas zonas se utiliza como material de plantación la planta «frigo», que es una planta que se produce también en viveros de altitud elevada –aunque no es necesario tanta altitud en este caso– pero, en lugar de arrancarse al inicio de la disminución de la actividad vegetativa y trasplantarse inmediatamente en el terreno definitivo de producción, normalmente en el mes de octubre, se arranca en diciembre, cuando las plantas en esas zonas están en latencia completa. Se someten al mismo proceso de limpieza y encajado que las plantas «frescas» y se almacenan a -1 o -2 °C en cámaras frigoríficas hasta final del verano del año siguiente. Con ello se puede trasplantar entre 40 y 60 días antes de lo que podría hacerse con planta fresca (primeros de octubre), permitiendo que el cultivo alcance una biomasa suficiente antes de la parada invernal.

Es importante regular la fecha de plantación para cada localización y para cada cultivar con el fin de evitar que la planta forme demasiada biomasa foliar, y en consecuencia pueda formar un número excesivo de flores que termine afectando al tamaño de los frutos.

Estas plantas «frigo» son más caras que las «frescas», pero es la forma de poder llevar a cabo el sistema anual de producción en estas zonas más septentrionales, por ejemplo en Valencia y Cataluña. Pueden utilizarse también en plantaciones de primavera, por ejemplo para la producción con cultivares de «día neutro», por ejemplo en Castilla y León o Galicia.

Se pueden pedir y servir en diferentes formatos según el grosor o calibre de la corona (tallo), que suelen variar entre 10 y 15 mm. Incluso existe un formato de planta frigo, el denominado de corona engrosada o *waiting bed* que son plantas obtenidas en un vivero intermedio o replantación, que tienen coronas o multicoronas de gran calibre y, por lo tanto, con un potencial productivo muy alto. Se pueden utilizar para programar producciones, sobre todo en climatologías templadas o bajo protecciones climáticas en climatologías templado-frías. Evidentemente el precio de este tipo de plantas resulta mucho más caro.

Figura 4. Vivero de fresón para producción de plantas en bandeja

En vez de plantas a raíz desnuda pueden utilizarse plantas en cepellón como material de trasplante. Este formato de material de plantación se está imponiendo cada vez más, aunque lentamente, ya que presenta diversas ventajas respecto a las plantas a raíz desnuda: pueden trasplantarse cuando se quiera al no estar condicionada la fecha de trasplante a la del arrancado del vivero; el éxito de la plantación, en cuanto al número de marras, es total; al producirse en sustratos, la sanidad del material es mucho mayor; se evita la desinfección del suelo de los viveros; pueden formar parte, con menos inconvenientes, de programas de producción certificada y/o ecológica; etc. El inconveniente es su mayor dificultad de obtención y por tanto su mayor coste. Dentro de este tipo de material de plantación existen a su vez distintos formatos que obedecen a su vez a distintos tamaños de contenedor o celda, lo que ocasiona plantas con distinta precocidad en cuanto a la entrada en producción así como variaciones en el precio de las mismas.

La mayoría de plantas utilizadas en las condiciones españolas son obtenidas en viveros especializados ubicados en zonas de altitud y suelos arenosos en Castilla y León, principalmente en Segovia, Valladolid, Ávila, Burgos, etc. y también en Granada. No obstante, se utilizan también plantas importadas de EEUU o Polonia.

4.3. Manejo del cultivo

El sistema de cultivo más comúnmente utilizado en nuestras condiciones es el anual, mediante plantación en suelo, en bancos o lomos altos.

La preparación del suelo comienza en los meses de junio o julio, después del período productivo, mediante el arrancado y eliminación de las plantas y del acolchado de la cosecha anterior, en la mayoría de los casos en nuestras condiciones de una cosecha también de fresones, aunque evidentemente no es nada aconsejable.

A continuación se nivela el suelo, se hace un subsolado y/o un pase de gradas. Posteriormente se realiza el aporte de materia orgánica en cantidad suficiente pero no excesiva, con el fin de poder cumplir con los requisitos de la producción integrada. Además resulta recomendable una relación C/N elevada con el fin de poder controlar bien los niveles de nitrógeno a lo largo de la campaña.

Se aporta también el abonado mineral de fondo y se incorpora con un pase de cultivador y/o fresadora.

La desinfección del suelo en fresón resulta imprescindible toda vez que le afectan un elevado número de patógenos del suelo (*Phytophtora sp., Verticilium sp., Fusarium, Rhizoctonia*, etc., nematodos, etc.). Actualmente para la desinfección se utilizan tanto fumigantes químicos, cada vez de uso más restringido, como dicloropropeno, cloropicrina, dazomet, metam sodio o potasio, etc., o como solarización o biofumigación, combinados o no con algún desinfectante químico.

La desinfección del suelo se realiza en momentos distintos de la preparación del mismo según se utilice la solarización, la biosolarización, la biofumigación o incluso según el producto utilizado para la desinfección química. Por ejemplo, la fumigación con algunos productos, como p. ej. fenamifos, metam sodio o metam potasio, es frecuente realizarla a través del sistema de riego antes de arrancar las plantas de la plantación vieja, con el fin de controlar sobre todo las poblaciones de nematodos, pues de esta forma la eficacia es mucho mayor frente a esta plaga, mientras que los demás productos químicos líquidos se aplican a través del riego una vez realizadas las mesetas de plantación con el sistema de riego extendido bajo la lámina plástica sin perforar. Otros desinfectantes químicos que se aplican granulados, como el dazomet o incluso los metam, se aplican después de la preparación del suelo y antes de realizar el embancado, incorporándolos con maquinaria especial y en ocasiones sellándolo con láminas plásticas, que evidentemente se aconseja que sean tipo VIF.

La biosolarización se realiza también antes del embancado, y se utilizan estiércoles tipo gallinaza a razón de 15-25 t/ha.

El acolchado resulta indispensable para evitar que los frutos se ensucien y la incidencia de podredumbres en los mismos. Al mismo tiempo, cuando se utilizan materiales opacos se evita la proliferación de malas hierbas. El acolchado facilita también el mantenimiento de la humedad del suelo, y en el caso de utilizar láminas plásticas, estas sirven de soporte para mantener la forma y altura del banco en suelos muy arenosos. Generalmente se utilizan láminas plásticas de polietileno negro de 1,5 m de ancho y 25 micras de espesor. En climatologías más frescas o menos luminosas puede ser conveniente la colocación de plástico coextrusionado bicapa blanco/negro. En algunas ocasiones, aunque poco frecuentes, se utilizan plásticos fotodegradables o láminas biodegradables, e incluso mallas fabricadas con distintas fibras orgánicas.

La colocación del acolchado suele realizarse con maquinaria especial, que al mismo tiempo que conforma el banco va extendiendo los laterales de riego y fijando la lámina. Uno o dos días antes de la plantación se realizan los agujeros en las láminas de los bancos a la separación pertinente para la densidad de plantas que se desee.

La densidad de plantación oscila entre las 6 y 9 plantas/m^2, siendo las densidades menores utilizadas con plantas «frigo» y/o cultivares vigorosos. Lo habitual es realizar bancos separados 1,1 – 1,2 m entre ejes, donde se colocarán dos líneas de plantas, enfrentadas o al tresbolillo, separadas entre 20 y 30 cm para conseguir la densidad deseada. La tendencia observada en EEUU hacia la sistematización en bancos (lomos) más anchos y colocar las plantas en cuatro filas no se está trasladando a las condiciones españolas.

En zonas meridionales, como en la zona de Huelva, la plantación se realiza normalmente entre principios de octubre y mediados de noviembre, mayoritariamente con planta fresca a raíz desnuda. No obstante, con el fin de conseguir más tiempo para el desarrollo vegetativo, en algunas zonas concretas, con algunos cultivares, y según la meteorología del año, puede adelantarse algunos días, no sin riesgo de incrementar las marras de plantación como consecuencia de arrancar el vivero antes de que las plantas estén suficientemente paradas para soportar a raíz desnuda los estreses del arrancado, manipulación y transporte. Puede adelantarse la plantación utilizando planta en cepellón, pero suele desestimarse por su mayor precio y por el mayor riesgo en la aparición de estolones si se adelanta mucho la plantación.

En zonas más septentrionales la plantación se realiza antes, entre agosto y mediados de septiembre, con planta «frigo» o planta en cepellón, para que, como se ha comentado, las plantas formen una adecuada cantidad de biomasa antes de la parada invernal, que en estas zonas es algo más intensa.

La plantación con plantas a raíz desnuda debe realizarse previa desinfección de las mismas mediante baño con algún fungicida para evitar la transmisión, en su caso, de formas activas de patógenos vasculares y/o aéreos procedentes del vivero.

Para realizar la plantación de forma correcta, la planta debe colocarse sin doblar el sistema radical –cortándolo ligeramente para facilitar su colocación, si es el caso–, y enterrar la planta hasta el nivel inferior de la corona. Una planta con la corona completamente enterrada vegetará mal y, sobre todo, las inflorescencias se desarrollaran deficientemente; y si la corona queda comple-

tamente al aire, la aparición y enraizado de las nuevas raíces se dificultará, con la consiguiente repercusión negativa para la planta.

Tras la plantación en suelo resulta necesaria la colocación de una instalación de aspersión móvil para la realización de riegos aéreos durante las dos primeras semanas, con el fin de asegurar la correcta humedad de suelo junto a las plantas para facilitar la correcta emisión de nuevas raíces, proceso que suele comenzar aproximadamente a los diez días de la plantación, asegurando así un correcto enraizamiento y la supervivencia de la planta.

Así mismo, tras la plantación resulta conveniente la eliminación de los estolones o ramilletes que puedan aparecer –iniciados en vivero-, mucho más frecuentes en planta «frigo», con el fin de que la planta dedique toda su capacidad fotosintética a la producción de hojas, que obviamente incrementarán a su vez la capacidad fotosintética.

Como la plantación se realiza entre final de verano y final de octubre, la instalación de sistemas de protección climática como túneles bajos o grandes túneles suele posponerse unas semanas en el caso de túneles bajos, o hasta final del otoño en el caso de protecciones mayores para evitar el estrés térmico.

Figura 5. Sistemas de protección climática en fresón: túneles bajos en primer plano y grandes túneles

Los sistemas de protección climática varían entre túneles bajos de semiforzado, grandes túneles e invernaderos, dependiendo del grado de protección requerido según la precocidad buscada y/o las condiciones ambientales del lugar de cultivo, tanto de temperatura como de frecuencia e intensidad de lluvias, ya que las plantas de fresón pueden verse muy afectadas por pudriciones ocasionadas principalmente por *Botrytis*.

Comúnmente se utilizan láminas de polietileno térmico de 75-100 micras en túneles bajos y láminas de 150-200 micras en grandes túneles, normalmente de polietileno térmico.

La tendencia actual es a la utilización de grandes túneles. En las zonas más cálidas, en Huelva en concreto, se utilizan arcos grandes unidos entre sí a una altura de aproximadamente 1 m a través de soportes en Y, clavados convenientemente en el suelo. Ello permite una muy buena y uniforme aireación así como un adecuado movimiento de los insectos polinizadores. Estas estructuras resultan menos adecuadas en climatologías más frescas, donde interesa una mayor protección climática y ganar en integral térmica.

En los días más cortos y fríos, y antes de la reanudación intensa de la actividad de la planta al alargar el fotoperiodo e incrementarse la temperatura, puede resultar conveniente la intervención en las plantas para realizar una limpieza de hojas viejas, facilitando así una mayor aireación, evitar una mayor cantidad de sustrato para el desarrollo de *Botrytis*, disminuyendo también de esa forma la población de formas invernantes de plagas o enfermedades presentes en esas hojas, y reducir así su incidencia durante el período de recolección. Incluso es práctica frecuente la realización de algún tratamiento fitosanitario en ese momento para reforzar esa finalidad.

Durante un largo período, en el cultivo coinciden la fase vegetativa y la reproductiva (flores y frutos).

En la primera fase del período productivo resulta conveniente la colocación de abejorros (*Bombus*) para asegurar una correcta polinización y evitar así las deformaciones de frutos. Dependiendo de las características morfológicas de la de la planta –longitud de los ramilletes o exposición de flores– y sobre todo de la carga de fruta que tenga en ese momento hay que colocar más o menos colmenas por hectárea. Resulta necesaria su reposición para cubrir todo el período de recolección. Evidentemente hay que respetar los protocolos aconsejados para el uso de estos insectos en el caso de tener que realizar algún tratamiento químico, así como asegurarse que estos realizan el trabajo adecuado, observando el nivel de cuajado en los frutos incipientes.

4.4. Fertirrigación

Como en todos los cultivos, para la práctica de la fertirrigación debe realizarse una adecuada programación de la misma, teniendo en cuenta la extracción de nutrientes por el cultivo; los niveles de nutrientes en el suelo, principalmente P y K; los aportes de iones a través del agua y de la materia orgánica del suelo; la pauta de acumulación de cada ion a lo largo del cultivo; la pauta del riego a lo largo del ciclo del cultivo, dependiendo de la climatología de la zona, del estado fenológico del cultivo y del tipo de suelo (o sustrato); de la CE del agua de riego, para elegir adecuadamente las sales a utilizar, muy importante en el fresón; pérdidas estimadas por lixiviación, lavado, uniformidad de la instalación de riego, etc. Posteriormente deben comprobarse los niveles de agua en el suelo a diferentes profundidades y el de la CE, así como los niveles de los distintos iones en las hojas.

Las referencias existentes en cuanto a la extracción de nutrientes por las plantas de fresón son muy variadas, tanto en cantidades como en el equilibrio entre los distintos iones. Ello obedece tanto a las características de la variedad como al rendimiento obtenido en cada caso. Las extracciones en un cultivo de fresón de alto rendimiento (50-60 t/ha) se evalúan en promedio en 150-350 kg/ha de N, 50-200 kg/ha de P_2O_5 y 200-400 kg/ha de K_2O aproximadamente, de los cuales el 50 % suele corresponder a los frutos (Domínguez y Muñoz, 2011; Maroto, 2002). Lieten (1993), para una producción de primavera con rendimiento de 497 g/planta y 60 t/ha, midió las siguientes extracciones (Tabla 1).

Tabla 1. Extracciones para una producción de primavera

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	B	Mn	Zn
Frutos	62,3	7,7	110,9	3,8	3,5	0,40	0,01	0,07	0,19	0,04
Resto planta	63,2	10,0	47,9	52,3	10,3	4,66	0,05	0,26	1,25	0,11
Total	**125,5**	**17,7**	**158,8**	**56,1**	**13,8**	**5,06**	**0,06**	**0,33**	**1,44**	**0,15**

Fuente: Lieten (1993).

En general, se realiza una aportación de fondo de N-P-K-Mg, que cubra un 20-25 % de las necesidades totales calculadas con los criterios comentados anteriormente, con algún recubrimiento para la liberación lenta del nitróge-

no. No obstante, durante los primeros meses después del trasplante las necesidades son bajas. Incluso, en algunas circunstancias la liberación de este N aplicado de fondo termina antes de la época de mayor demanda, por lo que resulta ineficaz.

Por ello, en cultivos sin protecciones climáticas, más expuestos a las lluvias otoñales, y en suelos muy arenosos, estas aportaciones de fondo suelen minorarse para evitar lixiviaciones.

El resto, junto con los microelementos, se aplica en fertirrigación. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de fraccionamiento para las condiciones de cultivo de Huelva, expresado en UF (kg/ha) de N, P_2O_5, K_2O.

Tabla 2. Fraccionamiento para las condiciones de cultivo de fresa Huelva. En kg/ha

Fase fenológica	Período	N	P_2O_5	K_2O
Establecimiento y desarrollo vegetativo	mediados de octubre - mediados de diciembre	50	30	60
Desarrollo vegetativo inicio de fructificación	mediados de diciembre - finales de febrero	75	45	90
Plena fructificación	marzo - abril - mayo	125	75	150
Total		**250**	**150**	**300**

Fuente: extraído de Domínguez *et al.* (2011).

En cualquier caso, y como se ha indicado, la variabilidad en cuanto a exigencias nutricionales ocasionadas por la climatología de la zona, diferencias de suelo, cultivar, forma de cultivo, variaciones estacionales, etc., obligan a monitorizar periódicamente el estado nutricional del cultivo para asegurar una fertilización óptima. De hecho, en ocasiones se ha observado que en los suelos con niveles de P (Olsen) de 50-60 ppm y niveles de K (acetato amónico) de 150-200 ppm no se registran variaciones en los niveles foliares de P o de K con las aportaciones de nutrientes al suelo.

Existen diversas recomendaciones de niveles óptimos de nutrientes en hojas que, al igual que ocurre con las extracciones, varían mucho dependiendo de en qué variedades y condiciones se hayan realizado los estudios. Los valores medios (%) recomendados por distintos autores se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Recomendación de nutrientes en hojas

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)
2,5-3,5	0,5-1,0	1,5-2,5	1,0-2,0	0,4-0,6	200-300	150-250	30-60	40-80

Unos niveles muy altos de nitrógeno pueden provocar una reducción de la firmeza del fruto, un retraso en la maduración del mismo y una mayor incidencia de oídio o de araña roja. Unos niveles de Ca óptimos resultan de particular importancia para asegurar una adecuada firmeza –aunque lo determinante es el cultivar–, y una reducción de la incidencia de *tip burn* de las hojas o el desecado de los sépalos. Un adecuado nivel de B es determinante en la adecuada producción de polen viable y en la germinación del mismo.

4.5. Fisiopatías, plagas y enfermedades

La deformación de frutos, ya comentada anteriormente, el planchado de los frutos –ocasionado por la elevada radiación infrarroja y las altas temperaturas-, la salinidad, a la cual el fresón es muy sensible, fundamentalmente y el *tip burn* son las fisiopatías más importantes.

Con respecto a esta última, hay que señalar que la afección a las hojas comienza cuando estas comienzan a emerger de la corona, por lo que cuando los síntomas son claramente visibles la casusa de la afección puede haber pasado. Como causantes de esta fisiopatía están los problemas de asfixia radical, baja humedad ambiental, sobre todo de noche, o las carencias en calcio, que ocasionan invariablemente bajos niveles en Ca en las hojas emergentes. A no ser que la incidencia perdure en el tiempo o sea muy severa, este *tip burn* foliar no afecta a los rendimientos. No obstante, en algunos estudios hemos constatado que estos factores pueden ser la causa de una afección de sépalos, que obviamente sí que puede afectar a la calidad comercial –visual– de los frutos.

Los pulgones –diversas especies– y la araña roja, *trips*, pulgones y orugas son las principales plagas. La araña roja está causada principalmente por *Tetranychus* sp. y resulta mucho más frecuente con niveles elevados de N en hojas y con elevadas temperaturas, lo que provoca mayor incidencia en pleno período productivo. El *trips* de California (*Frankiniella occidentalis*) ocasiona daños directos en los receptáculos florales provocando deformaciones en frutos en caso de ataques fuertes, reduce la disponibilidad de polen, y también deprecia comercialmente los frutos atacados por la multitud de picaduras rea-

lizadas en la sensible epidermis del fruto maduro. Los pulgones, *Aphis gossipii* en la primera parte de la campaña, y *Macrosyphum euphorbiae*, en el período más caluroso, causan también daños, sobre todo indirectos por la cantidad de melaza producida. En los últimos años, ha aparecido en la zona de Huelva *Drosophila suzukii.* De momento afecta más a otras frutas, como frambuesas, arándanos, etc., que pueden encontrarse en las zonas de producción de fresón, pero aunque sea en menor cuantía también afecta a este cultivo. Aunque potencialmente la incidencia pueda ser mayor, de momento esta aún es baja. Provoca pudriciones blandas que deprecian comercialmente y de forma completa los frutos maduros. El control se hace complicado por tener muchos ciclos de reproducción, y cortos, con temperaturas suaves.

Figura 6. *Tip burn* del fresón: necrosamiento de las hojas emergentes de la corona

Los nematodos *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. pueden ocasionar también importante daños, que suelen ser recurrentes debido a la repetición del cultivo en muchas parcelas y a los suelos arenosos.

En cuanto a enfermedades que afectan a la raíz y rizoma, hay que hacer constar su dificultad de control como consecuencia de la multiplicación clonal de esta especie, la repetición del cultivo en viveros y en parcelas producti-

vas, la cada vez menor disponibilidad de biocidas autorizados y la variabilidad en la eficacia de los medios para su control.

Las enfermedades más comunes del suelo son *Phytophtora cactorum* y *Ph. fragariae*; *Verticillium albo-atrum* y *V. dahliae*; y la afección más o menos conjunta de algunos hongos sub-letales, como *Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, que se conoce como podredumbre negra de las raíces (BBR, *black root rot*). La desinfección del suelo, comentada con anterioridad, tanto en los viveros como en las parcelas de cultivo, resulta necesaria, así como el uso de material de propagación con garantías sanitarias. Como también se ha comentado, el uso de plantas con cepellón puede ser también un medio de propagación más seguro desde el punto de vista de la sanidad en este sentido.

Figura 7. Plantas de fresón afectadas de *Verticillium* ssp.

Las enfermedades que afectan al sistema foliar y a los frutos son sobre todo la viruela, el oídio, la antracnosis y la podredumbre gris. La viruela (*Mycosphaerella fragariae*) es un hongo muy llamativo que afecta a las hojas, pero que no tiene excesiva repercusión económica. El oídio, causado por *Sphaeroteca macularis* y *S. humilis*, afecta tanto a las hojas, abarquillándolas hacia el haz, como a los ramilletes florales y frutos, en los que forma el típico micelio y polvo blanco –en las hojas en el envés–. Cuando afecta a los frutos verdes, estos tienen dificultad en entrar en color, y cuando lo adquieren suele

ser de tonos marrones y apariencia seca, a veces con grietas en la epidermis del fruto. En el caso de *Botrytis cinerea*, la incidencia se produce sobre todo en los períodos de elevada humedad ambiental. Los frutos podridos deberían ser retirados para evitar la dispersión de la enfermedad, lo que puede ocasionar a su vez un coste de mantenimiento del cultivo elevado.

Estas son las enfermedades más temidas en este cultivo por su frecuencia de aparición, y por su coincidencia durante gran parte del período de recolección. Además, por la dificultad de control de estas enfermedades debida a la cada vez más reducida disponibilidad de materias activas y la lógica sensibilización del consumidor y las exigencias de los mercados en este sentido. Tanto para oídio como para *Botrytis* existen cultivares menos sensibles, siendo esta vía uno de los objetivos principales de la selección genética en esta especie.

4.6. Tecnologías especiales

El cultivo sin suelo se utiliza también cada vez más con el fin de soslayar la necesidad de desinfección, controlar mejor el pH y la conductividad eléctrica en la rizosfera, mejorar la limpieza y sanidad del cultivo, mejorar la eficiencia en la recolección al situarse las plantas en altura, etc. Se calcula que aproximadamente el 1 % del fresón cultivado en Huelva se realiza con este sistema.

Figura 8. Cultivo sin suelo de fresón en Huelva sobre estructuras ligeras y fibra de coco

Como sustrato, lo más habitual es la utilización de sacos de fibra de coco sobre estructuras ligeras en altura. Hay sistemas abiertos y cerrados. El sistema NGS es también utilizado, pero en menor proporción, ya que se necesita mayor inversión y cualificación técnica en la explotación. No obstante los rendimientos obtenidos son también mayores, entre otras razones por la mayor densidad de plantación. En estos sistemas las densidades de plantación se incrementan mucho, pudiendo llegar a las 12.0000 plantas/ha.

Las concentraciones iónicas de la solución nutritiva, recomendadas por diversos autores, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentraciones iónicas recomendadas para la solución nutritiva

	CE ($dS \cdot m^{-1}$)	Macronutrientes ($mmol \cdot L^{-1}$)						Micronutrientes ($\mu mol \cdot L^{-1}$)				
		NO^{3-}	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe	Mn	B	Zn	Cu
A*	1,7	11,5	1,0	1,5	5,5	3,3	1,3	20	10	7	25	0,8
B*	0,8	12,0	1,2	1,0	5,0	4,0	1,1	15	30	30	4	0,5

A*: Sonnelveld y Straver (1992).
B*: Lieten y Misotten (1993).

4.7. Recolección y poscosecha

La recolección debe hacerse de forma manual por ser una fruta más o menos blanda, que se daña con mucha facilidad, y por tanto se deprecia comercialmente. Se requiere gran cantidad de mano de obra para la recolección, que debe asegurarse durante todo el período productivo debido al carácter extremadamente perecedero de la fruta. Además, los costes de recolección suponen un porcentaje elevado (40-50 %) del capital circulante en el cultivo. De ahí que el tamaño del fruto sea uno de los factores clave a la hora de la elección del cultivar, tal y como se ha comentado.

La fruta se recoge y se selecciona en el mismo momento, colocándola en el formato de bandeja o caja con el que se vaya a comercializar, de manera que cada fruta solo se toca una vez para evitar daños superficiales que disminuirían la vida comercial. Los formatos más utilizados son las cestas de plástico de 250, 500 y 1.000 g, o las cajas de madera de 2 kg.

Los rendimientos medios de fruta comercial que pueden obtenerse con los cultivares más modernos y con un buen manejo del cultivo oscilan entre 50 y 70 t/ha, y los rendimientos horarios de la mano de obra pueden oscilar entre 15 y 25 kg/h dependiendo de la carga de la planta y del calibre medio del fruto en cada momento del período productivo.

Resulta imprescindible evitar que los frutos recolectados se expongan al sol o a temperaturas elevadas, y para ello se recolecta temprano, las cajas recolectadas se colocan a la sombra mientras son cargadas en el transporte a la central o lugar de empaquetado, o mejor, se cargan directamente en el camión frigorífico.

En la central hortofrutícola debe pre-enfriarse rápidamente a 5-6 ºC y, posteriormente al manejo, ser almacenadas a 2-3 ºC, siendo importante mantener la cadena de frío en todo momento. El manejo en la central consiste en el ajuste del peso de las cestas, bandejas o cajas, el recubrimiento con una lámina plástica de protección, el etiquetado y el paletizado de las cajas.

En la cola del período productivo, durante el mes de junio en las zonas del sur, las temperaturas son altas en la mayor parte del día y por tanto los frutos maduran muy rápidamente y pierden pronto su firmeza. Como además, los precios suelen ser muy bajos, la producción en ese momento suele destinarse a la industria. En este caso la recolección se hace a granel, con cáliz, y en la central los frutos se congelan rápidamente y posteriormente se cargan en camiones-cuba refrigerados para su transporte a las industrias alimentarias, para su uso en mermeladas, yogures, helados, o demás preparados. Existen empresas de producción-comercialización de fruta que disponen de instalaciones propias de congelado; empresas específicas para realizar esta operación de congelado de la fruta que reciben de productores pequeños; e instalaciones de congelado creadas por agrupaciones de productores.

Figura 9. Fresones en un mercado de California

Figura 10. Fresas y fresones en un mercado de Estocolmo

Figura 11. La recolección del fresón requiere gran cantidad de mano de obra

5. Composición nutricional y propiedades nutracéuticas

Son frutas con bajo contenido calórico (40 cal/100g). Los hidratos de carbono están mayoritariamente compuestos por fructosa, glucosa y también xilitol.

Entre las vitaminas es particularmente alto el contenido en vitamina C, que puede contribuir a satisfacer las necesidades diarias de esta con una ración de 150 g, por lo que tienen un gran poder antioxidante y ayudan a la fijación del hierro junto al ácido fólico, del que también contienen cantidades cercanas al 10 % de la CDR, además de poseer vitamina E y β-carotenos.

Entre los minerales es particularmente notable su contenido en potasio y su bajo contenido en sodio, por lo que ayudan al balance de electrolitos y se aconsejan para reducir la tensión arterial y los ictus. Sin embargo, pueden ser poco aconsejables en personas con insuficiencia renal o cálculos renales de oxalato, puesto que entre los ácidos orgánicos, contiene oxálico además de salicílico.

Las fresas son ricas en fibra y por tanto ayudan al tránsito intestinal. Además, también son ricas en fitonutrientes: compuestos fenólicos, tales como flavonoides, elagitaninos y ácido elágico, que tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antimutagénicas. Los flavonoides,

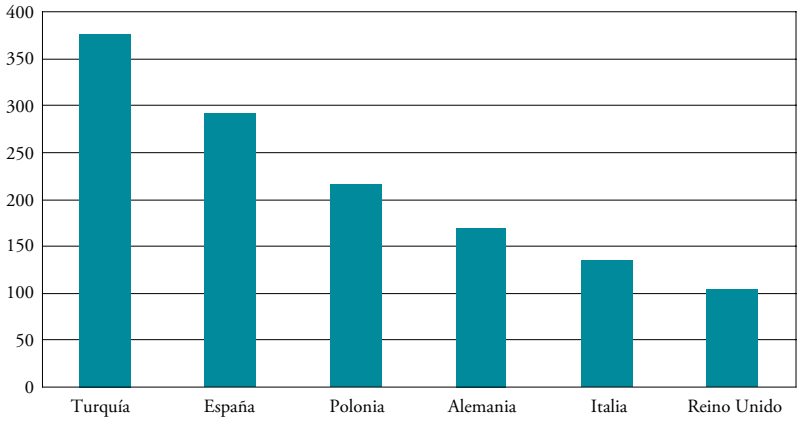
además de la vitamina C, actúan como antioxidantes, protegiendo los tejidos contra los efectos nocivos de los radicales libres.

En los últimos años se ha visto también que el consumo de fresones podría prevenir la reducción de las funciones cognitivas propias de la edad.

6. Economía del cultivo

En el mundo, los principales países productores son China y EEUU. España era en 2013 el quinto país productor de fresones, con 312.500 t, pero en los últimos años Turquía la ha superado, ya que en España la producción se ha mantenido estable en los últimos años. El resto de países europeos con una producción notable de fresones son Polonia, Alemania, Italia y Reino Unido. Polonia destina la mayor parte de su producción a la industria.

Gráfico 2. Producción mundial de fresón (2014). En miles de toneladas



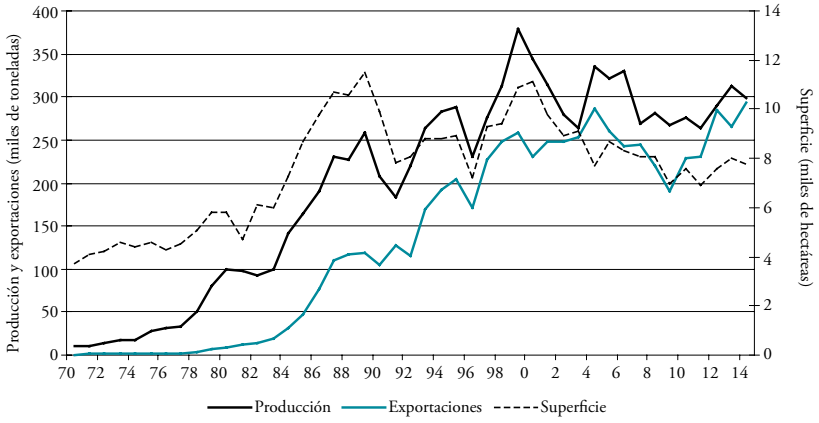
Fuente: Eurostat.

Si bien la producción española se mantiene en los últimos años en volúmenes estables, alrededor de las 300.000 t anuales, en estos años se ha reducido la superficie de cultivo y, por tanto, los rendimientos medios han crecido, seguramente debido tanto al uso de cultivares más productivos como a una mejora en el manejo global del cultivo.

Las exportaciones son un porcentaje elevado de la producción. El valor de las mismas se cifra en aproximadamente 400 millones de euros anualmente,

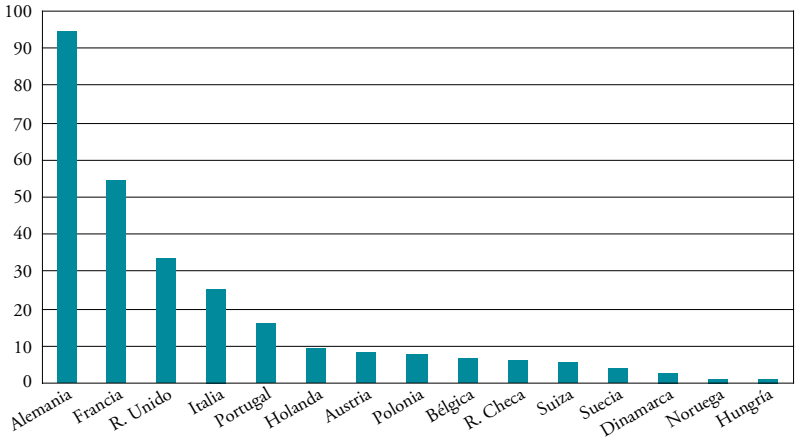
según datos del ICEX. Después de una disminución importante en la segunda mitad de la pasada década, ha vuelto a crecer de manera notable. Las exportaciones van destinadas principalmente a Alemania, Francia, Reino Unido, Italia y Portugal.

Gráfico 3. Importancia económica del fresón en España



Fuente: Eurostat; Comtrade.

Gráfico 4. Exportaciones españolas de fresón (2013). En miles de toneladas

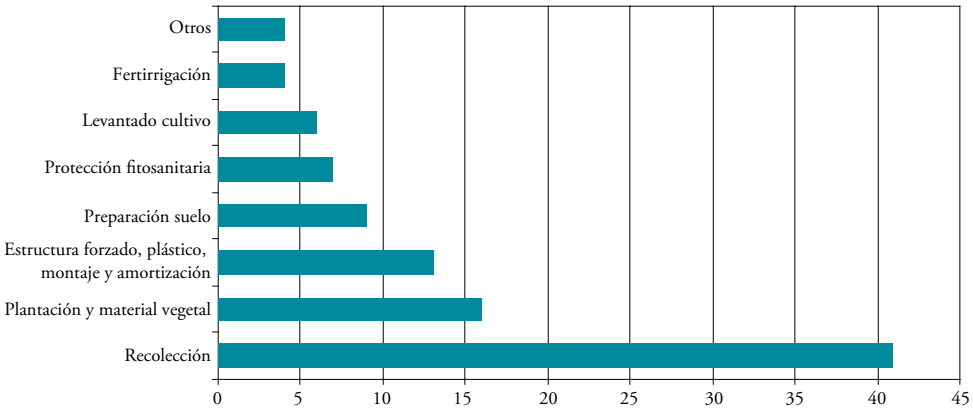


Fuente: Comtrade.

6.1. Costes de producción

En el Gráfico 5 se desglosan las principales partidas de gasto de forma agrupada, con los porcentajes que suponen respecto al total. Como puede verse, la recolección, como ya ha sido comentado en apartados anteriores, supone la partida más elevada del coste de producción, que en ocasiones puede llegar hasta el 50 %. En la actualidad, los costes de producción pueden oscilar en general y en promedio, alrededor de los 40.000 y 50.000 euros/ha, que para las producciones medias obtenidas supone un coste aproximado medio de entre 0,85 y 1,05 euros/kg, aunque estas cifras, obtenidas de comunicaciones personales de productores, pueden ser muy variables.

Gráfico 5. Partidas de gasto. En porcentaje



Fuente: Miranda *et al.* (2013).

7. Retos y perspectivas

En cuanto a retos, el nivel tecnológico en el cultivo de fresón en España es muy alto. Es necesario, sin embargo, seguir apostando por la mejora genética de las variedades, combinando la mejora clásica con las herramientas genómicas que hay disponibles, con el fin de conseguir, como se comentó en el apartado correspondiente, cultivares que puedan reunir la resistencia o tolerancia a determinadas plagas y/o enfermedades, junto con las características productivas y de calidad, tanto comercial como organoléptica, de forma que contribuyan a una mejor aceptación en los mercados y a generar un mayor valor en toda la cadena de producción-comercialización.

El desarrollo de las plantas con cepellón, tanto en el formato habitual como en otros formatos de plantas, en interacción con los diferentes cultivares, junto con el incremento de los cultivos sin suelo, principalmente en sustrato, serán dos tecnologías que probablemente se desarrollarán en el probable escenario de mayores restricciones en el uso de desinfectantes del suelo.

Es probable también que, en el futuro, exista un mayor interés por las producciones de proximidad y de cadena corta, como está ocurriendo en otros países, en aras a un desarrollo más sostenible ligado a la lucha frente al calentamiento global y las consecuencias del cambio climático, así como un mayor interés por parte de los consumidores en productos de cercanía, de temporada, etc. Por ello, junto a las fortalezas y oportunidades de este sector en cuanto a la exportación, existirá en este caso un interés por parte del sector productor por responder a estas demandas. Y ello, con bastante probabilidad, no restando cuota de mercado al sector exportador, puesto que seguramente se incremente el consumo de esta fruta, debido al creciente interés del consumidor por sus cualidades nutritivas, principalmente por su bajo contenido calórico, así como por sus propiedades nutracéuticas.

Referencias bibliográficas

Bottoms, T. G.; Bolda, M. P.; Gaskell, M. L. y Hartz, T. K. (2013): «Determination of Strawberry Nutrient Optimum Ranges through Diagnosis and Recommendation Integrated System Analysis»; *HortTechnology* 23(3); pp. 312-318.

Bottoms, T. G.; Hartz, T. K.; Cahn, M. D. y Farrara, B. F. (2013): «Crop and soil nitrogen dynamics in annual strawberry production in California»; *HortScience* (48); pp. 1034-1039.

Chaux C. y Foury C. (1994): «Fraise»; *Productions Légumières* (tomo 3). Ed. Lavoisier.

Domínguez, A.; Martínez, E.; Trigo, A.; Alonso, D.; García, R.; Sánchez, R. y Tomás, J. (2009): «Seasonal changes in leaf mineral content may affect foliar diagnostic in strawberry»; *Acta Horticulturae* (842); pp. 147-150.

Domínguez, A. y Muñoz, M. J. (2011): «Optimización de la fertirrigación en el cultivo de fresa en invernadero»; *Vida Rural*.

Hancock, J. F. (1999): *Strawberries*. Ed. CABI Publishing.

Heide, O. M.; Stavang, J. A. y Sonsteby, A. (2013): «Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries-a review»; *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 88(1); pp. 1-18.

Health and nutrition (web): disponible en http://www.californiastrawberries.com/health_and_nutrition.

CDFA y FREP (web): disponible en https://apps1.cdfa.ca.gov/FertilizerResearch/docs/Strawberry.html (abril, 2016).

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.

Lieten, F. y Misotten, C. (1993): «Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate»; *Acta horticulturae* (348); pp. 299-306.

Miranda, L.; López-Aranda, J. M.; Soria, C.; Domínguez, P. y Medina-Mínguez, J. J. (2013): «Cultivo del fresón en Huelva»; *VIII Seminario Técnico Agronómico. Cultivo del fresón en Invernadero*. Estación Experimental 'Las Palmerillas', Cajamar Caja Rural.

Roudeillac, P. y Veschambre, D. (1987): *La Fraise: Techniques de production*. Paris, Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Légumes.

Sonneveld, C. y Straver, N. (1992): «Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or sustrates»; *Voedingsoplossingen glastuinbouw* (8).

Hortalizas aprovechables por sus semillas

Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas

José Ignacio Cubero
Universidad de Córdoba

1. Generalidades

Antes de proceder a la descripción de cada uno, conviene señalar algunos caracteres comunes de los tres cultivos tratados en este capítulo. Dejando de lado los caracteres propios de las leguminosas, los tres comparten una serie de particularidades: uso múltiple agronómico y culinario, principios nutritivos semejantes, simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (rizobios; en los tres casos, bacterias del género *Rhizobium*), fuerte interacción entre genotipo (o sea, variedad) y ambiente, semillas ortodoxas (admiten baja humedad en su constitución sin pérdida de poder germinativo a corto plazo) y enfermedades y plagas muy similares y a veces comunes.

El uso múltiple tiene, por su parte, multitud de facetas si bien una cierta variedad no sirve para todo salvo en agriculturas de subsistencia. El cultivo puede ser extensivo en secano y regadío, intensivo en huerta o invernadero, asociado o no a otro cultivo (por ejemplo, la judía al maíz), para consumo humano o animal (grano o forraje, directo o en formulaciones); si es para consumo humano, puede ser de vainas verdes, de grano seco o verde (incluso en estados intermedios de maduración como las alubias «pochas»), producto fresco o procesado (enlatado, precocinado, refrigerado o congelado). Hay que hacer una salvedad: las judías nunca se han utilizado en alimentación animal. Para todos los usos, y por supuesto para los intensivos, existen innumerables variedades; aquí se darán, en cada caso, los grandes tipos, pues las variedades actualmente en el comercio se pueden consultar en relaciones oficiales como la de la Oficina Española de Variedades Vegetales o en los catálogos de las casas comerciales.

Son innumerables las recetas culinarias en que estas tres son el elemento básico, tendiendo en la mesa moderna a preferirse el producto verde (grano o vaina) sobre el del grano seco que queda prácticamente reducido, en los países

desarrollados, al de las judías. En los tres casos aquí tratados, una condición deseable, y obligatoria en la industria conservera, en el uso como vaina verde es la ausencia en esta de *hebra* (o *fibra)* y de *pergamino*. La *hebra* es el tejido que forma las suturas dorsal y ventral de la legumbre, y el *pergamino* una capa celulósica en la zona media de las dos valvas cuya su función es, llegada la madurez, secarse antes que el resto de la legumbre con lo cual esta se abre violentamente expulsando las semillas. Es, evidentemente, un mecanismo de vital importancia para la planta silvestre, pero indeseable en la agricultura, pues basta un toque al recolectar la planta madura para quedarnos sin granos (de ahí que tradicionalmente se recolectaran *antes* de la madurez, dejando secarlas luego amontonadas), como en la mesa, y por tanto, en la industria conservera. Las tres especies tienen buenas variedades sin hebra ni pergamino o bien con formación tardía de este.

Las semillas *secas* de las leguminosas, como las tres del presente capítulo, se caracterizan por un alto contenido en proteína total y digestible[1] (un 20-25 % en promedio: eran «la carne del pobre»), alrededor de un 60 % de hidratos de carbono, un 10-25 % de la fibra total es dietética y contienen cantidades apreciables de oligoelementos, niacina y ácido fólico. Sus proteínas son ricas en lisina pero pobres en aminoácidos azufrados, lo que las hace un complemento ideal de los cereales, en los que ocurre justamente lo contrario. Esos datos tienen escasa relevancia en cuanto al producto verde, en el que no se busca su capacidad alimenticia sino su calidad gastronómica. Junto a excelentes principios nutritivos, las tres especies consideradas también contienen principios antinutritivos (o simplemente no nutritivos como los de flatulencia, socialmente inconvenientes pero inocuos), comunes a estas y otras leguminosas; en el producto verde, tales principios tienen escasa o nula relevancia, tanto menor cuanto más temprano sea el producto.

Se olvida con demasiada frecuencia que las leguminosas son, en realidad, organismos dobles. En efecto, la asociación con rizobios es importante no solo porque la planta se desarrolla mejor en simbiosis sino por las ventajas que ofrece el nitrógeno que queda en el suelo para el cultivo siguiente. Este segundo aspecto es menos importante, lógicamente, en invernadero con suelo artificial, pero aun así conviene tenerlo en cuenta. En cultivos extensivos, para favorecer la nodulación, hay que evitar el estrés hídrico durante la floración y aplicar una adecuada fertilización fosfórica. El comienzo de la fijación de

[1] Según especies, el contenido analizado puede contener una proporción apreciable de compuestos nitrogenados no proteínicos. No es el caso de las aquí tratadas.

nitrógeno en los nódulos se inicia aproximadamente un mes después de la siembra en cultivo extensivo, por lo que siempre se aconseja una pequeña aplicación inicial de abono nitrogenado; en general, dependerá de la rotación seguida. La actividad cesa, en general, en la fase de llenado del grano. Se reconoce fácilmente si los nódulos son activos si, al partirlos, su interior muestra un color rojo sangre debido a la leg-hemoglobina, molécula sorprendentemente similar a la hemoglobina humana y con su misma función; un color blanco o rosa indica que las bacterias no están fijando nitrógeno pero sí consumiendo hidratos de carbono de la planta huésped. De no haberse cultivado una leguminosa durante largo tiempo, los rizobios pueden haber desaparecido, algo que debe comprobarse; en ese caso, debe inocularse al sembrar. Los rizobios existentes en el lugar de cultivo son uno de los principales factores de la interacción variedad-ambiente tan marcada en leguminosas; las poblaciones de rizobios difieren de una región a otra, y una misma variedad puede responder de diferente manera en distintos ambientes.

Debe tenerse en cuenta que algunas de las enfermedades más usuales están producidas por hongos de suelo que, una vez instalados, son de casi imposible tratamiento y erradicación (incluso en invernadero a menos que se utilicen suelos artificiales), siendo las variedades resistentes la única solución práctica, con el inconveniente del cambio obligado de variedad, que puede no satisfacer las necesidades comerciales. Todo cuidado es poco para evitar la infección de suelo.

Judías, guisantes y habas están en ese orden de importancia en lo que respecta a superficies y producciones tanto en España como en el resto del mundo, reflejo directo de la importancia dedicada a los tres cultivos desde el siglo XIX en la resolución de sus problemas. Ese mismo orden es en el que dichos problemas (variedades adecuadas, mecanización, conservación industrial, comercialización, etc.) se fueron solventando; así, mientras las dos primeras han cubierto todas las etapas y modernas variedades y técnicas están ampliamente difundidas, las habas mantienen un considerable retraso a pesar de disponerse de caracteres genéticos ya introducidos en variedades registradas (como el crecimiento determinado, la flor blanca y resistencias a tradicionales enfermedades) que solucionarían la economía del cultivo. Un sencillo índice es fiel reflejo de la situación: el número de variedades registradas en el catálogo comunitario es, respectivamente, de 1.320, 750 y 120, y el de solicitudes para registro en el período 2004-2013 de 92, 25 y 9.

2. Judías

Bajo el nombre de *judías* (de incierto origen), *frijoles* (el antiguo nombre castellano, hoy desaparecido en España, pero en plena vigencia en América) y varios otros se comprende una serie de especies botánicas pertenecientes a varios géneros emparentados de la tribu *Phaseoleae* (*Phaseolus, Vigna, Dolichos*, etc.) de caracteres similares en cultivo y usos. La más común en España *Phaseolus vulgaris* y es, por razones de importancia y espacio, de la que se tratará aquí, a la que se conoce con infinidad de nombres generales o regionales; tan solo en España: fríjoles (o fréjoles; ambos en desuso), alubias, chícharos, habichuelas, caparrones, munchetas, fesols, fabes… Algunos derivan de otras especies: «alubia» se llamaba el frijol anterior a la llegada de la judía actual, la judía carilla o careta (*Vigna unguiculata*), «fabes» y «habichuelas» del parecido que los agricultores del XVI le vieron con las habas, «chícharo» probablemente de la almorta o *cicércula*, palabra esta última que literalmente significa «garbancito» y que también se le aplica al garbanzo y al guisante seco en algunos ambientes rurales. La riqueza en nombres indica la amplitud de su cultivo y de su uso.

2.1. Características botánicas, origen y domesticación

El nombre científico de la judía común es, como se ha dicho más arriba, *Phaseolus vulgaris* L., la más importante de las casi sesenta que contiene el género *Phaseolus* (tribu Phaseoleae) del que muestra las características hojas trifoliadas, racimos axilares (y terminales en variedades modernas de crecimiento determinado), vainas alargadas, rectas o curvadas, anchas o subcilíndricas, largas o cortas; pueden ser dehiscentes incluso en formas modernas (el carácter no se observa, lógicamente, en el uso en verde); semillas arriñonadas de tamaños y colores variados, con hilo lateral y germinación epigea.

Es una planta anual originaria de la región andina y mesoamericana, donde aún se la encuentra silvestre desde el sur de Méjico hasta la región de Jujuy en Argentina y donde fue domesticada entre 7000 y 8000 a. C. Como silvestre es esencialmente trepadora, con largos entrenudos y vainas espaciadas, dehiscentes y con granos pequeños. Al domesticarse se redujo la altura acortando los entrenudos, alargando las vainas y engrosando los granos; el carácter trepador lo conservan las variedades de enrame. Como cultivo, se encuentra distribuido por todo el mundo en latitudes comprendidas entre los 52º N y los 32º S, y desde el nivel del mar hasta más de 3.000 m. La diversidad varietal es enorme.

2.2. Clima y suelo

Al ser una planta originaria de lugares cálidos está bien adaptada a ellos. Su temperatura óptima de crecimiento está en torno a los 16-21 ºC, con extremos en 8-10º y 27-30º; por encima de 30 ºC se altera la fisiología de la planta afectando sobre todo al cuajado. Un exceso de humedad puede ocasionar caída de flores y las fluctuaciones en temperatura, sobre todo por debajo de 15º, vainas en «ganchillo» (curvadas). Las variedades de crecimiento determinado toleran las bajas temperaturas mejor que los de enrame.

El suelo idóneo para su cultivo es el franco arcilloso limoso, con pH comprendido entre 5,5 y 7,5; deben descartarse los arcillosos finos y los arenosos. Es muy sensible a la salinidad del suelo, aunque con fertirrigación en ambientes protegidos no debe haber problemas. En suelos calizos pueden darse problemas de clorosis, y es aconsejable la aportación de oligoelementos en particular hierro, manganeso y cinc.

2.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

Se distinguen, según autores, tres o cuatro hábitos de crecimiento en *P. vulgaris*, siendo uno solo de ellos de tipo determinado. Las plantas de este último hábito, de mata baja, suelen ser insensibles al fotoperiodo, mientras que las de enrame pueden ser también de día corto, es decir, de maduración en otoño. Agronómicamente se distinguen dos grandes grupos: las variedades de crecimiento determinado o «enanas» (de porte bajo, alcanzando 30-40 cm de altura) y las de enrame, de crecimiento indeterminado, que pueden alcanzar los 3 m de altura. Dentro de ellas se pueden agrupar por formas y colores de vainas y granos, por ciclos de producción, etc. Los tipos más conocidos son las garrafal (vainas anchas, curvadas), perona, sabinal (todas ellas de vainas aplastadas) y boby, de vainas cilíndricas.

Las de enrame son inapropiadas para cultivo al aire libre destinado a la industria por las dificultades del cosechado mecánico. La forma de las vainas es importante porque determina con frecuencia el destino comercial. Así, las grandes vainas anchas, aplanadas y curvadas típicas del enorme grupo garrafal, aunque valen para refrigerado o congelado, son inapropiadas en general para la industria conservera pero siguen siendo las favoritas de los amantes de la judía verde («habichuelas» o «habicholillas»); es quizá el grupo más extendido en España por su calidad, a pesar de que al cocinarlas hay que quitarles la he-

bra. La industria prefiere vainas rectas y redondeadas; con esos caracteres, por mejora genética se consiguieron, desde principios del siglo pasado, excelentes variedades enanas para gran cultivo (siempre en regadío o secano húmedo) y recogida mecánica, si bien las vainas rectas y redondeadas también están presentes en buenas variedades de enrame.

Figura 1. Judía de enrame con acolchado y entutorado

La judía común se comporta como autógama salvo en su región de origen o en climas tropicales, donde puede mostrar fecundación cruzada (hasta un 40 %; depende, además de la variedad, de la época de floración y de la población de insectos polinizadores) tanto en formas cultivadas locales como silvestres. Aunque en las zonas templadas, y mucho más en cultivo forzado, la autogamia es estricta, la posibilidad mencionada es algo a tener en cuenta por los profesionales que trabajen en esos ambientes y, en todo caso, en el mantenimiento de la pureza varietal.

Como planta autógama que es, las variedades modernas de judía son líneas puras; en agricultura de subsistencia se cultivan razas locales, genéticamente heterogéneas, desaparecidas en el mundo desarrollado. En su obtención se emplean los métodos clásicos para plantas autógamas. El retrocruzamiento, como siempre, es el recomendable para introducir caracteres cualitativos de herencia sencilla en una variedad dada; en general, se aplican los métodos de

cruzamiento simple o múltiple y la selección posterior consiguiente, tradicionalmente genealógica, hoy también masal con selección en la fase final, más rápida y económica. Los marcadores moleculares son de uso común en programas de mejora, y recientemente se han introducido genes de resistencia a virus y gorgojo por ingeniería genética[2].

2.4. Sistemas de cultivo

En muchas regiones del mundo –en Galicia (España), por ejemplo– la judía de enrame se puede ver en cultivo mixto con maíz, una asociación típica en la agricultura americana precolombina[3], pero, en general, solo puede hablarse de monocultivo. En extensivo para verdeo se emplean variedades de crecimiento determinado en cultivo completamente mecanizado. Los tipos de crecimiento indeterminado (trepador, de enrame) son los clásicos hortícolas, requiriendo recogida a mano; en la huerta se siembran en estructuras con tutores de tres palos o cañas, a manera de «tipi» indio, o en «barracas», enfrentados dos a dos en largas hileras sostenidas por un travesaño horizontal.

En un cultivo comercial se utilizan estructuras de alambre, permanentes en el caso de cultivo forzado protegido; también con hilos de plástico que unen el techo del invernadero con la planta, o con mallas. El suelo suele formarse con sustratos artificiales que permiten evitar los problemas de textura, acidez, carencias, etc. y aplicar los abonos por fertirrigación. La calidad del agua de riego determina la dureza de la hebra. Como es usual en leguminosas, sobre todo en lo que concierne al grano, los suelos calizos producen una cutícula más fuerte y una mayor dureza en la cocción. Es mejor mantener un grado de humedad continuo y no muy alto, sin llegar a un exceso de agua, ya que se podrían caer las flores. El sistema de riego más recomendable es por goteo por sus conocidas ventajas en cualquier cultivo. En el riego por aspersión debe tenerse en cuenta que favorece, en el caso de la judía, el ataque de «grasa».

Las labores de preparación, siembra y tratamientos son, asimismo, muy distintas a las tradicionales en huerta, con intensa mecanización; la siembra no es directa, realizándose en semillero y trasplantando las plantitas ya con hojas. Las dosis de siembra empleadas varían en función del sistema de cultivo y del hábito de crecimiento de la variedad; el cultivo extensivo puede hacerse en líneas separadas 50 cm y 5-10 cm entre semillas (de 20 a 25 plantas/m^2),

[2] En Brasil; no se ha solicitado su registro en la UE y es posible que no se solicite debido a las dificultades que encuentran las variedades transgénicas para su difusión en Europa.
[3] Junto con la calabaza formaban la famosa «triada», base de su agricultura antigua y en muchas regiones de la actual.

pero si el destino es la industria se llega hasta 40 plantas/m^2. En invernadero, siempre en función de la variedad y tipo de cultivo, el marco puede ser de 2 x 0,5 m con 1-3 semillas por golpe. Al aire libre la distancia entre líneas es 0,5 m para variedades enanas y de 0,7-0,8 m para las de enrame, con 3-5 semillas por golpe.

Figura 2. Judía de enrame sobre suelo acolchado

En el abonado se registran toda clase de situaciones, pero cabe señalar que, estando el nitrógeno garantizado por la simbiosis con rizobios, es un cultivo que extrae una buena cantidad de fosfórico y de potasa; si el cultivo no nodula, la importación de nitrógeno también es muy superior a la de los otros dos elementos: para grano seco, las cantidades de N, P_2O_5 y K_2O son respectivamente, en kg/ha y tonelada de grano, 50, 20 y 30. Para 10t de judía verde, las cantidades son 100, 25 y 80 respectivamente. De ahí la importancia de la simbiosis con rizobios y la necesidad de inocular en el caso de ausencia del mismo en el terreno.

Figura 3. Judía de mata baja sobre suelo acolchado con riego por goteo

La gran diversidad varietal, superpuesta a las grandes diferencias ambientales entre regiones y a la posibilidad de cultivo al aire libre con acolchado o sin él y en invernadero, hace que se tengan judías verdes frescas prácticamente todo el año, si bien la demanda en nuestro país es tan fuerte que no son raras las importaciones puntuales desde Marruecos. En general, en invernadero la siembra se hace en Almería y Murcia en diciembre-enero (temprana), abril-mayo y finales de agosto-septiembre (tardía); se cosecha a partir de las 6-7 semanas durante 3-4 meses; así pues, hay judías verdes en el mercado prácticamente durante todo el año como ya se ha dicho. Al aire libre o con acolchado se siembra en febrero-marzo y julio-agosto, recogiéndose de mayo a julio y de septiembre a octubre respectivamente. Valencia y Castilla siembran

en febrero-marzo para recoger en mayo, y en Galicia y, en general, en el norte de clima húmedo o en regadío se siembra al aire libre en julio y se cosecha en septiembre-octubre; en Galicia, en invernadero, la siembra normal se hace en abril para recoger en junio, y la tardía se hace en septiembre para recoger en noviembre. Pero sobre ese patrón general se dan muchas peculiaridades; por ejemplo, en la Ribera del Ebro (Rioja, Álava y Navarra), las «pochas» se siembran en mayo-junio para tenerlas en el mercado en agosto.

La cosecha se realiza en función del destino del producto. Dejando de lado el de grano seco, si el producto a cosechar son granos maduros pero no secos («pochas»), se recolecta cuando la humedad relativa de estas está en el 50-60 % (se puede clavar la uña en el grano). Para vaina verde, es función de la variedad y del mercado, prefiriendo el consumidor vainas jóvenes si bien el agricultor trata de ganar peso retrasando el momento de recoger todo lo que puede pero debiendo evitar la formación de pergamino. En cultivo tutorado o en invernadero, la recolección debe ser manual, con producción escalonada, espaciada según variedad y cultivo, siempre con los granos poco marcados (salvo las «pochas», que han de desgranarse a mano en la cocina casera), pero en extensivo para la industria se hace con cosechadoras, debiendo ser la variedad completamente homogénea y tener las plantas una arquitectura apropiada, con todas o la mayor parte de las vainas en la parte superior para evitar ser dañadas en la recolección. Como hortícola, la recolección puede ser igualmente a mano o mecanizada.

A diferencia de lo que ocurre con guisantes y habas, la simbiosis natural con *Rhizobium* no suele ser muy efectiva en el caso de la judía, por lo que es recomendable en ese caso la inoculación de la semilla o de los surcos de siembra, operación siempre barata y eficaz. La razón es la especificidad de su rizobio (*R. leguminosarum* biovar. *phaseoli*) al ser una especie de origen americano. Es conveniente, por ello, saber si en los años anteriores al cultivo proyectado el terreno fue inoculado y qué respuesta hubo a la nodulación y, en todo caso, es recomendable realizar un ensayo previo, en un espacio limitado o incluso en laboratorio.

2.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

a) Antracnosis: manchas amarillentas en las hojas, depresiones en las vainas, formando manchas redondas de color marrón oscuro, que anulan el valor comercial del producto verde. Puede sobrevivir dos o más años en el suelo en restos de plantas. La estrategia más eficaz es la utilización de cultivares genéticamente resistentes y tratamientos preventivos.
b) Podredumbre del tallo: cancro marrón rojizo en el tallo que puede llegar a rodearlo completamente, causando una atrofia severa de la parte aérea y el colapso de la planta.
c) Fusariosis: decoloración rojiza en el cuello de la raíz y amarilleamiento en las hojas. En la raíz aparecen también lesiones que se vuelven de color marrón oscuro. Al ser enfermedad de suelo, la mejor estrategia es el empleo de variedades resistentes pues la desinfección es muy costosa sin garantía de evitar la reinfección. En cultivo protegido, el suelo artificial la evita.
d) Roya: manchas en las hojas con pústulas y polvo de color rojizo que pasa a negro produciendo zonas amarillentas que terminan por secar la hoja.

Causadas por bacterias y virus:

a) Grasa de las judías: lesiones circulares de coloración verde-amarillenta de aspecto grasiento en las hojas (mejor si se observan al trasluz), tallos y vainas, confluyendo unas con otras alcanzando una coloración pardo rojiza que puede llegar a afectar a los granos, con pérdida total del valor comercial tanto en verde como en grano. La enfermedad se transmite por las semillas. Si es endémica en la zona, la única solución es el empleo de variedades genéticamente resistentes. Debe tenerse, no obstante, mucho cuidado con el sistema de riego.
b) Virus del mosaico común de las judías (BCMV): mosaico moteado verde claro-oscuro en las hojas que desencadena malformaciones. Suele producir plantas achaparradas de color amarillento. Se transmite por pulgones y por semilla y, por ello, deben emplearse variedades

resistentes, así como controlar los áfidos vectores (con mallas y tratamientos) y exigir semilla libre de virus.

c) Virus del mosaico amarillo (BYMV): típico mosaico verde amarillento en las hojas. No se transmite por semilla pero sí por pulgones. Las medidas de control son similares a las explicadas para el BCMV.

Plagas:

a) Araña roja: vive en el envés de las hojas, donde provoca daños al puntear la superficie de las mismas, llegando a secarlas completamente, provocando en muy pocos días la defoliación total del cultivo. En condiciones de altas temperaturas su número crece exponencialmente.
b) Gorgojo de las judías: plaga de remota antigüedad, con varias generaciones al año, a diferencia de otros gorgojos, siendo la primera la que se produce en el campo, pudiendo tener una o varias más en almacén.
c) Mosca blanca: plaga polífaga, típica de invernadero y muy invasiva.
d) Sitona: hojas típicamente festoneadas por incisiones producidas en los bordes por los adultos; las larvas viven bajo tierra y producen daños en las raíces llegando incluso a destruir los nódulos de *Rhizobium* reduciendo su capacidad fijadora con consecuencias directas sobre el rendimiento.

2.6. Usos

La gran variabilidad existente en la especie hace que los usos y posibilidades sean numerosos. Como leguminosa grano, se consumen los granos secos en multitud de guisos tradicionales en todo el mundo. En la ribera del Ebro de La Rioja, Álava y Navarra son populares las «pochas»: granos en madurez fisiológica pero no secos. Como planta hortícola, sus legumbres se consumen bien directamente o bien procesadas industrialmente; como curiosidad, en África se consumen también las hojas jóvenes. No todas las variedades se adaptan a todos los usos; la industria conservera, por ejemplo, necesita vainas y/o granos que no se alteren en el proceso, como puede ocurrir con el color del grano o el desprendimiento de la cutícula; en el caso de las vainas verdes se exige la ausencia de hebra y, por supuesto, de pergamino, así como vainas rectas y cortas o medianas para el enlatado (si bien hoy se encuentran pre-

cocinados con vainas troceadas), lo que elimina tipos varietales de excelente calidad culinaria. El pergamino es asimismo incompatible con el consumo de vainas verdes a menos que estas sean muy jóvenes, pero la fibra se tolera en variedades de alta calidad como las del tipo garrafal; eso sí, hay que eliminarlo antes de cocinar.

2.7. La judía de verdeo en la nutrición

Es bien conocida la riqueza proteínica en grano seco (hasta el 25 % de proteína total, un 16-18 % digestible), pero el producto verde tiene, lógicamente, tan solo un 2-3 %, algo más de hidratos de carbono (3-6 %) y grasa despreciable, todo lo cual hace que su valor calórico sean muy bajo (25-30 Kcal/100g) y, por tanto, y por su riqueza en fibra (del 10 al 20 % de fibra dietética), es un producto apropiado para una alimentación saludable. El contenido en vitaminas y oligoelementos del producto *verde* es testimonial, congruente, al igual que los datos anteriores, con un contenido en agua superior al 90 %. Pero hay que decir que quien consume judías verdes no lo hace por su valor dietético.

Las semillas contienen un gran número de principios antinutritivos, pero es sobradamente conocido que los principios más importantes desaparecen en las operaciones de cocinado, quedando algunos inocuos aunque molestos, tales como los factores de flatulencia sobradamente conocidos por los consumidores de grano *seco*. En judías de consumo en verde, sobre todo en forma de vaina, estos inconvenientes se reducen drásticamente, pues los factores antinutritivos se acumulan preferentemente en la testa de las semillas secas, en particular las de color oscuro.

2.8. Importancia y producción

En España se sembraron, en el año 2013, 15.400 ha para grano y unas 10.000 ha para verdeo que, salvo una pequeña cantidad en secano húmedo, se reparten entre cultivo en regadío extensivo (al aire libre, 6.500 ha) y protegido (3.500 ha), con una producción global de casi 180.000 t (105.000 extensivo, 75.000 protegido); los rendimientos *medios* en secano, extensivo (siempre en regadío) y protegido son, respectiva y aproximadamente (en t/ha), 7-8, 16-17 y 20-25. La región con mayor superficie en 2013 fue Andalucía, con casi 4.000 ha, 3.000 en cultivo protegido; Almería y Granada contabilizan

casi el total, la segunda con un tercio al aire libre, modalidad testimonial en las demás provincias. En el resto de comunidades, casi toda la producción se realizó al aire libre: Galicia (1.500 ha), Castilla y León (850 ha), La Rioja (800 ha) y Cataluña (650 ha) fueron las que registraron una mayor superficie. Galicia fue la región con mayores rendimientos (unas 30 t/ha, muy similar en los dos ambientes), difiriendo poco de las medias antes citadas las demás Comunidades[4]. Tales cifran encubren una caída del cultivo en España desde principio de siglo (en 2001 se sembraron 20.000 ha, el doble que en 2013, con la mitad aproximadamente en Andalucía), que registra desde 2010 cierto repunte debido en casi su totalidad a las provincias de Granada y, sobre todo, Almería, que ha triplicado en ese período la superficie de judía de verdeo en invernadero, siendo líder tanto en tecnologías como en producciones de alta calidad y fuera de temporada en el cultivo intensivo de la judía.

La mayor producción mundial de judía de verdeo se concentra en Asia y Europa, que contabilizan más del 80 % del total de los más de 4.000.000 t de este producto; China, India, Turquía y España son los principales países productores. Hay que decir que en casi todo el mundo son más fiables los datos de producción que los de superficie por el gran peso que tiene en este cultivo la agricultura local.

3. Guisante

Hoy en día se lo conoce en toda España como *guisante*, pero aún subsisten en regiones y localidades nombres antiguos como *arveja* y *chícharo*, ambos aplicados también a otras especies; aquel, a toda clase de semillas de vezas, no en vano es la herencia del latín *ervum* que también designaba los viejos yeros y otras legumbres, y *chícharo*, como se ha dicho en el caso de la judía, a almortas, garbanzos (allí se dijo que deriva de *cicércula*, «garbancito») y a la propia judía para grano. Además, *arveja* es el nombre más extendido en Hispanoamérica para el guisante.

3.1. Características botánicas, origen y domesticación

El guisante pertenece al género *Pisum* (tribu *Vicieae*). En la actualidad se reconocen dos especies dentro del género: el guisante cultivado *Pisum sativum*

[4] En los datos oficiales, Madrid registra realmente el rendimiento máximo (37 t/ha en cultivo protegido) pero medido tan solo en una hectárea.

y *P. fulvum*. En el cultivado, a su vez, se distinguen dos subespecies: *elatius* y *sativum*, este último con dos *variedades botánicas*[5]: *arvense* y *sativum*; las *variedades comerciales* cultivadas en el mundo desarrollado pertenecen a esta última, si bien las de la *arvense* han sido y son forrajeras.

El guisante fue una las primeras plantas domesticadas en el Cercano Oriente hace diez milenios junto a trigos, cebadas y lentejas. La presencia de zarcillos en las hojas indica que tenía aptitud trepadora que no desapareció en domesticación; esta supuso un mayor tamaño del grano y de la vaina y entrenudos más numerosos y cortos. El consumo, o al menos la difusión, como grano verde (más adelante también la vaina) se suele fijar en el reinado de Luis XIV (siglo XVII), pues parece ser que al Rey Sol le encantaban los granos inmaduros y, lógicamente, toda la aristocracia francesa y europea se convirtió en ávida consumidora de guisantes tiernos. Se dice también que fue este uso masivo lo que produjo un gran número de variedades de caracteres muy distintos que, dos siglos más tarde, le permitieron a Gregorio Mendel elegir los tipos más convenientes para estudiar las leyes de la herencia.

3.2. Clima y suelo

El cultivo se desarrolla entre 6 y 30 ºC, con temperaturas óptimas de desarrollo y reproducción comprendidas en los intervalos de 16-20 ºC para el día y 10-16 ºC para la noche. En general no soporta bien temperaturas superiores a los 30 ºC, influyendo negativamente sobre todo en la calidad del grano verde. Las variedades tradicionales (de grano) soportan bien las temperaturas invernales, pero evidentemente son un alto riesgo para el verdeo.

Al igual que la mayoría de las leguminosas, los guisantes prefieren suelos de textura ligera o media bien drenados y aireados, con pH comprendido entre 6 y 7. Los suelos con altos niveles de calcio producen clorosis y endurecen el grano. Es un cultivo muy sensible a la compactación del terreno, reduciéndose el crecimiento y el área foliar, así como el número de flores en la planta.

3.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

En las variedades comerciales de verdeo se reconocen varios tipos; he aquí los principales: (a) por el hábito de crecimiento las hay enanas, de medio enrame y de enrame, con altura de la planta desde 25 cm en las primeras hasta

[5] No hay relación entre *variedad botánica* y *variedad cultivada* (*cultivar* si esta está registrada).

300 cm en las últimas; (b) según la época de siembra: las hay de invierno y de primavera, aquellas (que también se pueden sembrar en primavera) con tolerancia a bajas temperaturas para poder sembrar en otoño, aprovechando así las lluvias de invierno; (c) por su ciclo productivo: de tempranas a tardías (de tres a cinco meses desde la siembra); (d) por su aptitud para grano o vaina comestible; el grano seco no cuenta ya en países desarrollados; (e) por las características de sus semillas se distinguen sobre todo por su forma (lisa, arrugada, redondeada o angulosa; los granos rugosos son más dulces) y por su color en madurez (verde, amarillo, blanco), caracteres que determinan en muchas ocasiones el destino de la producción: la industria conservera prefiere los granos de color verde claro, y la congeladora y el consumo en fresco los de color verde oscuro.

Hasta la floración, las plantas presentan un porte erecto, pero debido al aumento de los entrenudos, del grosor de los tallos y al peso de las vainas, las plantas tienden a encamarse con el problema consiguiente para la recolección. Existen mutantes con *todos* los foliolos transformados en zarcillos que se entrelazan unos con otros y levantan las plantas del suelo al apoyarse unas en otras; en las variedades *áfilas* las estípulas también se han transformado en zarcillos, pero se prefieren las *semiáfilas*, en las que las anchas estípulas del guisante mantienen su forma y que también evitan el encamado. La mayor producción de estas últimas respecto a las áfilas se debe a su mayor superficie asimiladora, pues el zarcillo es apenas útil en esta función. Los genes de *afilia* eran conocidos de muy antiguo, pero solo se transfirieron a variedades comerciales en el último tercio del pasado siglo. Como consecuencia de separarse del suelo, una ventaja adicional de las variedades áfilas y semiáfilas es la baja o nula incidencia de muchas enfermedades criptogámicas.

Así como en judía y habas se reconocen grandes grupos varietales (garrafales en aquellas, aguadulce o muchamiel en estas), no sucede así con el guisante en España, pues en la segunda mitad del siglo pasado se modificó totalmente el espectro varietal debido a una fuerte introducción de variedades hortícolas, sobre todo francesas e inglesas, que se utilizaron también para grano seco; las autóctonas quedaron relegadas a su uso proteaginoso o desaparecieron. Es una consecuencia del gran trabajo de obtención de variedades realizado en esos países durante el siglo anterior y el olvido de la investigación correspondiente en España, solo comenzado en guisante en la década de los ochenta del pasado siglo.

Figura 4. Guisante para grano fresco

El guisante es especie autógama pero se conocen casos de hibridaciones naturales por abejorros y abejas solitarias; al no haberse dado dado nunca estimaciones más altas del 4 % de alogamia se tratan como autógamas estrictas por los mejoradores, lo que no debe impedir el seguimiento escrupuloso del protocolo de selección conservadora para el mantenimiento de la variedad.

Los objetivos de la mejora del guisante dependen del destino del producto. Históricamente fue el aumento del rendimiento en grano seco, utilizado tanto en consumo humano como animal. Para grano verde prima la calidad,

tanto de vaina como de grano, sobre la cantidad, pues el grano (y, desde luego, la vaina en las tirabeque) puede resultar incomestible si se ha esperado más de lo conveniente para cosechar. Tanto para seco como para verdeo es importante el desarrollo de vainas sin pergamino, evitándose la dehiscencia en el primer caso y permitiendo las «cometodo» en las segundas.

Los objetivos concretos respecto a la calidad pueden variar en función del destino. Por ejemplo, el contenido en azúcares es un factor importante en los guisantes destinados al enlatado y congelado, de ahí que se prefieran los rugosos; es un carácter de herencia sencilla (fue, por eso, uno de los que estudió Mendel) y de fácil introducción por retrocruzamiento. Incluso hay que tener en cuenta la región: en el mercado francés, por ejemplo, los guisantes para industria deben ser sobre todo de tipo de semilla redonda y pequeña. Los factores antinutritivos no son importantes en el guisante moderno, sobre todo para verdeo; las variedades de flor blanca, que posiblemente existían ya a comienzos de la Edad Moderna, se han impuesto pues eliminan la mayor parte de los taninos responsables de la pérdida de digestibilidad del grano seco; de todas formas, taninos y factores de flatulencia están sumamente reducidos en el producto verde.

Figura 5. Guisante de mata baja para grano fresco

Un carácter esencial en la mejora ha sido y es la adaptación a la mecanización en el cultivo extensivo para verdeo, principalmente para la recolección, para lo que es muy importante que se mantenga erguido y resista el encamado; las variedades semiáfilas son por esto las favoritas desde hace tiempo. Por supuesto, el rendimiento en verdeo sigue siendo un objetivo permanente aunque haya que tener en cuenta los factores de calidad y de cultivo.

Dada su autogamia, las variedades de guisante, como en el caso de la judía, son líneas puras. Los métodos de mejora a aplicar en la especie son los típicos de las especies autógamas, ya mencionados en el caso de las judías (véase subapartado 2.5): retrocruzamiento para caracteres de herencia sencilla, cruzamientos con selección posterior para los demás. El excelente conocimiento que se tiene de la especie a nivel molecular hace que se pueda aplicar plenamente la ingeniería genética, especialmente para introducir resistencias a estreses bióticos y abióticos. La mayor innovación en el último medio siglo, sin embargo, fue la sencilla introducción del gen de la afilia por simple retrocruzamiento.

3.4. Sistemas de cultivo

Por todo lo dicho hasta ahora, las técnicas de cultivo y variedades a emplear serán distintas en función del producto deseado: grano verde o de vaina completa, para consumo fresco o para industria, y dentro de esta, congelado o enlatado. La producción de grano para consumo humano en verde se suele realizar en condiciones de regadío extensivo. La producción de vaina verde, también en condiciones de regadío, se realiza en algunos casos en cultivo protegido y en otros al aire libre (lo más usual en España). En este último caso, al igual que en las judías, hay que disponer de variedades que tengan la producción acumulada en la parte superior de la planta para poder efectuar la recolección mecánica en las mejores condiciones, entre las que también figura la uniformidad de la parcela, y de ahí la necesidad de utilizar variedades genéticamente homogéneas, bien obtenidas y conservadas. La recolección de las variedades de enrame para producción de tirabeques se hace a mano por su difícil mecanización.

Teniendo en cuenta que, a diferencia de las judías, es planta de día largo (fructifica, de forma natural, a finales de primavera), se siembra en otoño, en siembra escalonada según exigencias varietales en integral térmica, para cosechar desde febrero a abril; pero las de ciclo corto se siembran en primavera, desde marzo (incluso en enero-febrero si el clima lo permite), y se

cosechan desde abril hasta principios de verano. En campo abierto, la siembra de variedades enanas (esto es, no de enrame) se hace tanto a chorrillo (unos 25 granos/metros lineal) como a golpes con sembradoras monograno, dependiendo las dosis del tamaño de la semilla; normalmente se trata de conseguir unas 100-120 plantas/m^2.

En huerta se prefiere la siembra en cuadro para facilitar el tutorado de las variedades de enrame o semienrame, que se realiza a la manera vista en el caso de las judías. En cultivo protegido se emplean cuerdas de rafia en plegadores y otros sistemas. Producciones de primor, como los tirabeques destinados principalmente a la exportación, se realizan en tales ambientes protegidos. En cualquiera de las condiciones en que se cultive, hay que evitar tanto el estrés hídrico tras la floración como el exceso de humedad.

Al igual que otras leguminosas, es planta que necesita una gran cantidad de nitrógeno a causa de su alta proporción de proteínas en el grano; las cantidades que extrae el cultivo para grano seco de N, P_2O_5 y K_2O son respectivamente, en kg/ha y tonelada de grano, 50, 15 y 35; en verde, para 10 t de producto verde las cantidades son 100, 25 y 80 respectivamente. De nuevo hay que insistir en la importancia de la presencia de nódulos activos fijadores de nitrógeno (presentes o inoculados artificialmente), que le suministran a la planta la gran cantidad que extrae del suelo.

La recolección de grano verde se realiza hoy día con cosechadoras peinadoras (que, además, limpian y trillan) tras haberse superado en el último tercio del pasado siglo la utilización de segadoras y de recogedoras-trilladoras. Se cosecha cuando los granos tienen un contenido medio en humedad entre 70 y 75 %; se utiliza para ello el índice tenderométrico, que mide la dureza de la semilla. En cultivares destinados a la industria, se recomienda recolectar cuando los granos muestran un índice comprendido entre 100 y 125 grados tenderométricos, para congelación los valores más bajos y para conserva (generalmente rugosos) los más altos; hay que tener en cuenta que la medida del tenderómetro depende del tamaño del grano y de la hora de la toma de muestras, por lo que la medida ha de realizarse siempre en las mismas condiciones. En los cultivares destinados a la industria es fundamental reducir al máximo el tiempo que transcurre desde la recolección a la entrega y procesamiento en la industria.

En terrenos donde no se ha cultivado previamente el guisante o dejó de cultivarse durante largo tiempo, y asimismo cuando el suelo sea de pH ácido o de textura ligera, es muy posible que no haya rizobios en cantidad

suficiente. En esos casos es recomendable la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* que, en condiciones normales, es frecuente en los suelos españoles al ser común a multitud de leguminosas autóctonas. La cantidad de nitrógeno fijado puede variar desde 70 a más de 100 kg de N/ha, dependiendo de todos los factores comunes a los rizobios: variedad, estructura del suelo y contenido en nitrógeno mineral del mismo, de la disponibilidad de agua y de la época de siembra. Si es inóculo comercial y no espontáneo, también de la raza de *Rhizobium*.

3.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

a) Antracnosis: Manchas de color ocre redondeadas en hojas y vainas, alargadas en los tallos, bordeadas por un anillo oscuro. En ellas aparecen numerosos puntos negros, perceptibles a simple vista, que son los picnidios productores de las esporas que propagan la enfermedad. Las manchas de los tallos son el resultado de una atrofia vascular, impidiendo la circulación de la savia, pudiendo romperse por dichas lesiones, produciendo la muerte de la planta sobre la zona afectada. Se desarrolla en período húmedo y con temperaturas entre 5 y 30 ºC. El hongo sobrevive (pero no se transmite) en semillas infectadas y en residuos de cultivo. Es conveniente la aplicación de tratamientos preventivos con funguicidas incluso en cultivares resistentes cuando las condiciones son favorables al parásito.

b) Fusariosis: enfermedad de suelo, el hongo se instala en el sistema vascular de la planta y es uno de los principales causantes de la marchitez en este cultivo, constituyendo también uno de los factores limitantes importantes del cultivo. Las variedades de invierno sufren menor ataque de *Fusarium* debido a que al llegar la primavera las plantas han desarrollado un sistema radicular más fuerte y más lignificado y, por lo tanto, opone más resistencia a la entrada del hongo. Para mayor seguridad, conviene sembrar variedades resistentes en los lugares en los que se tema el ataque (hondonadas, etc.).

c) Botritis: Se forma un micelio de apariencia algodonosa que invade hojas y vainas. Su desarrollo se favorece por una humedad alta y poca aireación.

d) Mildiu. Produce grandes pérdidas en plantas jóvenes en condiciones frías y húmedas. Los primeros síntomas aparecen en las hojas inferiores progresando la enfermedad hacia zonas superiores de la planta. El envés de las hojas se cubre con una capa de esporas de color gris, y en el haz se producen erupciones de color amarillo-marrón. Las flores y vainas pueden llegar a ser infectadas, produciéndose en estas últimas manchas marrones y deformaciones. Al transmitirse por la semilla es importante contar con semilla no contaminada, así como realizar un tratamiento químico con un fungicida. También, se recomienda la destrucción de los restos de cosecha y usar rotaciones amplias.

Causadas por virus:

a) Los virus descritos más importantes son: *Pea Enation Mosaic Virus* (PEMV), *Pea Mosaic Virus* (PMV) y *Pea Top Yellows* (PTY). La única forma de combatirlos es con variedades resistentes y evitando la presencia de insectos vectores.

Causadas por plantas parásitas.

a) Jopo *(Orobanche crenata).* El jopo es una fanerógama parásita, que al carecer de clorofila, no puede transformar directamente el carbónico atmosférico en hidratos de carbono, que, por tanto, tiene que tomar de la planta que parasita. Carecen de verdaderas raíces, sustituidas por haustorios que penetran en las raíces del huésped. En su desarrollo, cuando el jopo emite su tallo, y sale del suelo con gran vigor, el daño en el cultivo ya está hecho, por lo que su control debe realizarse antes que emerja del suelo. Una vez emergido, florece, produciendo un elevado número de semillas (entre 50.000 y 300.000 cada planta parasita), por lo que la infestación que una sola planta realiza en el terreno es sorprendente; las semillas pueden permanecer viables hasta más de 15 años. En Andalucía, en la campaña 1995/1996 el guisante, que se estaba reintroduciendo con pleno éxito, sufrió un fuerte ataque de jopo que hizo abandonar el cultivo. Es un auténtico factor limitante del mismo. Se están estudiando distintos tratamientos herbicidas que controlen el jopo. Sin embargo la disponibilidad de cultivares de guisante resistentes a dicha planta parásita sería, de haberlos, la mejor solución.

Plagas:

a) Las más usuales son la sitona, el pulgón verde (aparte del daño, como transmisor de virus) y el gorgojo. Para todas ellas, véase lo dicho para la judía.

3.6. Usos

En agriculturas de subsistencia, una misma variedad de guisante sirve para todo propósito, como le ocurre a todas las leguminosas de grano: pienso (grano y paja), forraje, abono, potajes, gachas, harina… Aún se utiliza para alimentación humana en numerosos países en vías de desarrollo. En verdeo se aprovechan el grano y la vaina completa inmadura, con las semillas apenas insinuadas, en las variedades denominadas 'Tirabeques', 'Bisaltos' y 'Come-todo'. La producción hortícola se destina al consumo directo en fresco y a la industria de congelados o enlatados. Se utiliza también en la fabricación de productos dietéticos. En algunas regiones de Asia y África se consumen las hojas y partes verdes como verdura.

Figura 6. Guisante lágrima

3.7. El guisante de verdeo en la nutrición

El 25 % de proteína que contiene el grano seco queda reducido a un 6-7 % en el producto verde, y aún menos si se trata de la vaina inmadura 'Cometodo'. Es, no obstante, una cantidad más elevada que el equivalente en la judía ya que, en el guisante, el grano se recolecta en un punto más cercano a la maduración. Lo mismo les sucede a los hidratos de carbono (un 12-13 % frente al 3-6 % de la judía). El contenido en vitaminas y oligoelementos es mínimo en el producto verde que, como se ha dicho para la judía, no se elige por sus elementos nutritivos sino por su calidad organoléptica.

El guisante, al igual que el resto de las leguminosas, contiene en sus semillas factores antinutritivos como inhibidores de la tripsina, fitohemaglutininas o lectinas; los contenidos son bajos incluso en el grano seco y, además, casi todos ellos se inactivan por el calor del cocinado. Los taninos, que son termorresistentes, se eliminan mediante el uso de variedades de flor blanca, impuestas desde mucho tiempo atrás. Todo ello hace que el guisante no haya presentado problemas nutricionales, y mucho menos en forma de producto verde.

3.8. Importancia y producción

Típica leguminosa grano mediterránea, se convirtió en hortícola en las buenas mesas francesas del siglo XVII; sigue teniendo básicamente su uso inicial en todo el mundo, siendo apenas una sexta parte el área destinada al producto verde. La superficie cultivada de guisantes de verdeo en España en 2013 fue de unas 12.000 ha, prácticamente toda en cultivo al aire libre en regadío, con pequeñas superficies testimoniales en secano húmedo y seco a partes iguales. La producción fue de unas 85.000 t, con un rendimiento medio de algo más de 7 t/ha; en cultivo protegido llega a las 10 t/ha; en secano húmedo, 5 y en seco apenas sobrepasa las 2 t/ha. El destino del producto, que se mantiene sin apenas variación a lo largo de los últimos años, fue de un 95 % para congelado, 5 % enlatado y 1 % en fresco. La comunidad que más superficie dedicó a su cultivo fue Aragón (4.200 ha), seguida Castilla-La Mancha (unas 1.800), Navarra (1.500), y La Rioja y Castilla y León (algo más de 1.300 ha cada una); los rendimientos en regadío extensivo fueron bastante homogéneos, oscilando entre 6 y 8 t/ha[6]. Desde principios de siglo se registró un sensible aumento de la superficie sembrada (en 2001 no llegó a las 8.000 ha) que se estabilizó, con

[6] Hay datos muy superiores pero registrados en muy pequeñas superficies que no se consideran aquí.

algunos altibajos, desde 2006; la superficie para guisante seco experimentó un enorme aumento a mediados de los 90 llegando a las 70.000 ha, debido fundamentalmente a las subvenciones de la UE.

La superficie mundial de guisante de verdeo ronda el millón de hectáreas, la cuarta parte en India, que es también el mayor productor con unos 4.000.000 t, seguida de China (más de 1,5) y EEUU (unas 800.000 t). En Europa, Francia y el Reino Unido están en primer lugar con unas 400.000 t cada uno. Como en el caso de la judía, debe indicarse que los datos de producción son más fiables que los de superficie debido a la proliferación de pequeñas superficies en el mundo rural.

4. Habas

Viejas conocidas en la agricultura tradicional, tanto mediterránea como europea, se las llama, como a las otras dos leguminosas aquí consideradas, con diversos nombres pero en este caso siempre distintivos; en español, habas («caballares», «cochineras»…) y habines que corresponden en francés a *fève* y *févèrole*; en inglés, diversos compuestos de su nombre propio *bean*, específico para habas aun en diccionarios agrícolas del XIX: *tickbean*, *horsebean*, *broadbean*, *fieldbean*… Aún más significativo es el hecho de que su nombre se transvasara a la nueva leguminosa procedente de América, la judía, pues esta recibió, en español, los nombres de «fabes» y «habichuela», y en inglés los de *common bean*, *kidney bean*, etc. La *faba* romana, que le dio nombre a festivales de oscuro origen religioso (las *fabaria*) y a familias de antiguo abolengo (los *Fabios*), estaba bien instalada en el mundo antiguo.

4.1. Características botánicas, origen y domesticación

El género *Vicia* pertenece, como el guisante, a la tribu *Vicieae* de las fabáceas o leguminosas. No se conoce en forma silvestre, por lo que solo se considera una especie, *Vicia faba* L., y, según autores, algunas variedades *botánicas* cuyos nombres no tienen más significación que la puramente descriptiva, habiéndose demostrado que sus caracteres son función principalmente de la selección humana en diversas regiones en el mundo. A diferencia de las dos especies anteriores, las habas no tienen zarcillos, ni terminales ni foliares, por lo que no es planta de enrame; sus tallos, angulosos y fuertes, mantienen a la planta

erecta sin necesidad de apoyos. Tamaño y forma, tanto de la semilla como de la vaina, son los principales caracteres que discriminan entre grupos varietales.

Se domesticó, como tantas otras especies, en el Cercano Oriente durante el Neolítico tardío hace unos siete milenios. Por comparación con variedades primitivas cultivadas hasta la mitad del pasado siglo en Afganistán y Pakistán, la domesticación produjo en la planta un menor número de ramas pero muy robustas, mayor número de flores por inflorescencia, vainas y granos de mayor tamaño y granos de colores variados (las de las primitivas son uniformemente negros), sobre todo de color leonado.

Las habas tienen una posición intermedia entre los extremos de autogamia (autofecundación) y alogamia (fecundación cruzada), lo que repercute en la labor de mejora y en la conservación de variedades, como luego veremos. Los valores de la tasa de fecundación cruzada van desde el 4 % hasta el 85 %, dependiendo de la región, del período de desarrollo del cultivo, etc. Los polinizadores más frecuentes son los abejorros (bombícidos como *Bombus hortorum*) y las abejas tanto domésticas como, sobre todo, solitarias; la importancia de cada insecto depende de las condiciones locales. Valga un ejemplo: en el Valle del Guadalquivir se han registrado tasas de alogamia del 50-70 % siendo las abejas solitarias, en particular *Eucera númida*, los polinizadores más eficaces, pero en el norte de Francia lo son los insectos pertenecientes al género *Bombus* y las abejas domésticas. *Es fundamental comprender la existencia de alogamia parcial para la conservación de las variedades obtenidas*.

4.2. Clima y suelo

Se desarrollan mejor en climas suaves que en los fríos. Temperaturas superiores a los 30 ºC entre la floración y el cuajado pueden provocar caída de flores y de vainas inmaduras, aumentando la dureza de estas, con la consiguiente pérdida de calidad si es para consumo en fresco. Toleran las heladas moderadas, incluso fuertes pero de corta duración, siempre que no ocurran en flor. Prefieren suelos arcillo-limosos bien drenados, con pH neutros o ligeramente alcalinos, aunque se adaptan a un amplio intervalo de pH (6,0 a 9,0), al igual que a suelos franco arenosos, especialmente en regiones de altas precipitaciones. Dejan buena estructura y no menos buena cantidad de nitrógeno en el suelo, por lo que tradicionalmente se empleaban al comenzar la puesta en cultivo de un terreno recién desmontado.

4.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

El hábito de crecimiento típico que presenta la especie es el indeterminado, pero existen variedades de crecimiento determinado con inflorescencia terminal que, por ser un carácter de herencia sencilla, es fácilmente transferible a variedades comerciales. En nuestro país ha existido una gran riqueza genética en poblaciones autóctonas de habas tanto de secano como de huerta, algo que también ha sucedido en otros países europeos; de ahí que tanto en español como en inglés y francés, se empleen distintos nombres para los diferentes usos sin salir de las habas para pienso.

Figura 7. Habas de crecimiento determinado

Como planta de huerta, en España ha habido asimismo una diversidad y calidad inigualable en los grupos varietales (no variedades) 'Aguadulce' (o 'Sevillana'), 'Muchamiel' y 'Mahón', debiendo añadirse al menos las 'Granadinas' y las 'Ramillete', caracterizados (detalles particulares aparte) por vainas largas y anchas, con abundante tejido esponjoso blanquecino que acolcha el interior, sin pergamino y, en muchos casos, sin hebra, con numerosos granos anchos y aplastados que permiten su consumo en verde incluso en maduración relativamente avanzada. Este tipo de variedades fue el último en aparecer en la historia, situándose su uso inicial en las buenas mesas romanas de finales del Imperio. Líneas de 'Aguadulce' (bajo los nombres de *Aquadulce* o *Seville*) se han utilizado en los programas de mejora, antiguos y modernos, de Europa y de la cuenca mediterránea. Por la industria conservera se utilizan granos inmaduros pequeños de todo tipo de variedades, incluso de las tradicionales para pienso, pero no alcanzan la calidad ni en textura ni en sabor de los de las mencionadas al comienzo de este párrafo.

Entre los objetivos de la mejora figuran los del rendimiento y la resistencia a enfermedades, en particular a jopo (véase subapartado 3.7), un factor limitante del cultivo, sobre todo en secano, atenuado en huerta sobre todo en cosechas tempranas. La obtención de variedades aptas para el recolección a máquina es objetivo obligado en el cultivo extensivo (de verdeo) para reducir costes, pues aunque se puede realizar con cosechadoras adaptadas de guisante, la pérdida de producto puede ser alta. La introducción del hábito de crecimiento determinado, que produce un ramillete de vainas en el ápice de la planta, se ha realizado con éxito aunque su uso no se ha difundido por desconocimiento de su existencia.

La calidad para verdeo de los tipos clásicos mencionados se ha considerado siempre como suficiente, pero hoy en día hay que añadir la calidad para la industria conservera como en el caso de las *baby* y la eliminación o reducción de factores antinutritivos, si bien son de escasa o nula presencia en el producto verde, sobre todo en el temprano. Además, los taninos están en muy baja proporción en las variedades de flor blanca, que es un carácter obligatorio en otros países europeos; los factores causantes del fabismo (véase más adelante) pueden reducirse drásticamente, asimismo, por medio de un solo gen ya introducido en líneas experimentales; ambos caracteres se transfieren fácilmente por retrocruzamiento.

Además de los objetivos tradicionales mencionados, en habas debe tenerse en cuenta la estabilidad del rendimiento, dado su carácter de especie

parcialmente alógama. La selección de producción estable en condiciones de ausencia o escasez de insectos polinizadores, como las que pueden darse en invernadero o en siembras densas, conduce a *variedades autofértiles*, cuya obtención no es difícil con un plan de mejora adecuado. Tales variedades tienen la ventaja de mostrarse independientes de los polinizadores, dando una producción base que, además, puede aumentar en campo abierto por la fecundación cruzada efectuada por los insectos.

Figura 8. Habas, fase de conservación varietal

En lo que respecta a los sistemas de mejora aplicables, ha de tenerse presente la alogamia parcial que presenta la especie tanto para la labor de selección propiamente dicha como para la selección conservadora de la variedad. Se pueden obtener líneas puras por autofecundaciones sucesivas que, al mismo tiempo, permiten seleccionar por autofertilidad; debe operarse en instalaciones que impidan la entrada de polinizadores (jaulones con mallas, por ejemplo). Son variedades aptas para el cultivo en invernadero; su mantenimiento ha de hacerse asimismo en instalaciones a prueba de polinizadores o en aislamiento en campo. En tales líneas es fácil introducir nuevos caracteres por retrocruzamiento.

Pero lo más frecuente ha sido seguir el método de selección masal simple o, mejor, de selección recurrente, que puede acompañarse, según el carácter de que se trate, de retrocruzamiento. Son variedades para campo abierto, pero su conservación por el propio agricultor no es aconsejable a causa de la ya mencionada fecundación cruzada, pues en pocos años la variedad pierde su homogeneidad; si el agricultor selecciona las mejores plantas para semilla del año siguiente, lo que está consiguiendo es, lenta y malamente, transformarla en otra variedad.

Si bien en un nivel inferior a judías y, sobre todo, a guisantes, las técnicas de biología molecular (marcadores moleculares, por ejemplo) se aplican o pueden aplicarse ya en los actuales programas de mejora de modo rutinario.

4.4. Sistemas de cultivo

En algunos lugares se integran en un cultivo mixto (en China, por ejemplo, con maíz, algodón o arroz) pero, en general, se han desarrollado tradicionalmente en monocultivo, bien extensivo para grano, bien intensivo en huerta para consumo directo o en regadío para industria. Al no ser planta de enrame, el cultivo es sencillo, sin tutores ni apoyos, debiendo tenerse cuidado, si lo que se siembran son variedades de los grupos Aguadulce, Muchamiel, etc., de que las largas vainas que van a ir al mercado no estén en contacto con el suelo. Las más precoces (las Muchamiel a la cabeza) se pueden sembrar en huerta en la costa mediterránea de septiembre (incluso finales de agosto) a octubre, pudiendo estar en el mercado las primeras vainas verdes desde finales de noviembre. En general, la siembra se efectúa, para gran cultivo, desde octubre a noviembre, recolectándose desde marzo a mayo.

Las necesidades en macroelementos son similares a las de las otras dos leguminosas tratadas. En kg/ha y tonelada de grano *seco* son respectivamente, 50-60, 15 y 40 para N, P_2O_5 y K_2O, que se elevan a 100-120, 25-30 y 80 en el caso de 10t de vainas verdes. El nitrógeno, como en los otros dos casos, lo suministra la asociación con rizobios activos, lo que se verá, como ya se ha dicho, por el color rojo del interior de los nódulos. Es cultivo sensible a la falta de agua desde floración hasta el llenado de vainas.

En gran cultivo, se puede adaptar la cosechadora de guisante; también se puede utilizar una segadora que deje las matas en línea para pasar a continuación una desgranadora. La utilización de variedades de crecimiento determinado solventaría el problema con un solo pase de cosechadora. En huerta, para consumo fresco, se suelen dar dos o tres cortas a mano (son tradicionalmente variedades de crecimiento indeterminado), con una longitud de vaina que depende del mercado local pero que suele ser los ¾ del tamaño final a juicio del hortelano. Para las habas *baby*, de tan gran aceptación hoy en día en enlatado y precocinado, hay que dar las cortas cuando el grano no llega a 12 mm, con alto coste de recolección a mano en momentos estacionales puntuales con los clásicos problemas sociales asociados a tal tipo de recolecta; la utilización de variedades de crecimiento determinado permitiría la recolección mecanizada sin problema, con una ventaja adicional, cual es que el grano *baby* obtenido sería de la misma variedad y no procedería de una mezcla abigarrada de plantas de todo tipo como el autor de este capítulo ha podido observar más de una vez. Las vainas verdes, si van destinadas al consumo en fresco o a la industria transformadora, tienen que ser rápidamente clasificadas, envasadas y comercializadas, para evitar pérdidas en calidad y mermas en producción.

El rizobio de las habas, el mismo que el del guisante, se encuentra en todas las zonas tradicionales de cultivo. Como en el resto de los casos donde el cultivo se ha abandonado desde hace tiempo, conviene comprobar primero su presencia en el suelo y, en caso contrario, inocular. La cantidad de nitrógeno que dejan las habas en el terreno puede variar entre 60 y 250 kg/ha/año según estimaciones, lo que la hace una especie particularmente adecuada a las rotaciones al poderse reducir el consumo de abonos nitrogenados en el cultivo siguiente.

4.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

a) Roya de las habas. Ataca la parte aérea de la planta, principalmente hojas y tallos, formando las típicas pústulas herrumbrosas.
b) Ascoquitosis (antracnosis). Daños en hojas, tallos y vainas similares a los de las antracnosis de otras especies, con lesiones circulares o elípticas (hojas) o alargadas (tallos) de color marrón oscuro con puntos oscuros (picnidios). Debe utilizarse semilla tratada para prevenir la enfermedad.
c) Mancha chocolate (botritis). Grave en zonas húmedas o cultivos con exceso de humedad. Se desarrolla sobre todo en las hojas: pequeños puntos de color marrón-rojizo que llegan a formar manchas circulares color café con el margen marrón rojizo.

Causadas por bacterias y virus:

a) No han sido descritas en nuestras condiciones enfermedades importantes en habas causadas por bacterias. Las producidas por virus han aumentado su importancia en España en los últimos veinte años, provocadas por el virus del mosaico (BBMV: *broad bean mosaic virus*), del enanismo del guisante (PEMV: *pea enation mosaic virus*), mosaico amarillo (BYMV: *bean yellow mosaic virus*) y del enrollado (BBRV: *broad bean roll virus*). Han de utilizarse variedades resistentes y evitar el ataque de pulgones.

Causadas por nematodos:

a) Nematodos del tallo. Es una auténtica enfermedad en este caso al existir contacto permanente huésped-parásito. Es especialmente importante en regiones frías. Se manifiesta por un ligero engrosamiento de los tallos jóvenes, el cual se va ampliando a lo largo del tallo conforme la planta se desarrolla, adquiriendo una coloración de marrón

a negra. En plantas adultas atacadas puede enmascararse por los síntomas de botritis: levantando la cutícula podrá observarse la presencia de nematodos en su caso, produciéndose además una típica deformación en pecíolos y foliolos. La infección se puede pasar a las vainas, y de estas a las semillas. El nematodo puede persistir en el suelo durante varios años, incluso sin la presencia de plantas hospedadoras. Se recomienda la desinfección de la semilla para erradicar o reducir el riesgo de infección.

C*ausadas por plantas parásitas*:

a) Jopo (véase más arriba, 3.7). Posiblemente sea el factor más limitante para su cultivo en muchas zonas de nuestro país y del Mediterráneo, donde ha sido el causante del abandono total del cultivo debido a las fuertes infestaciones provocando la pérdida total de la producción. El empleo de cultivares ya obtenidos tolerantes o resistentes ('Baraca'), y la lucha con medios químicos (glifosato *en muy baja concentración*, que debe consultarse a los técnicos), ayudados siempre con rotaciones adecuadas, son la solución. El problema es menor en huerta, pues el riego continuado puede favorecer la eliminación de las semillas de *Orobanche crenata*, pero debe evitarse la introducción por importación poco cuidadosa de alguna variedad foránea de *O. ramosa*, agresiva, polífaga y perfectamente adaptada a suelos húmedos en ambientes de todo tipo de climas.

Plagas:

a) Gorgojo y Sitona son similares en ataques y daños a las ya vistas en guisante.
b) Lixus: larvas minadoras que se desarrollan en el interior de los tallos, excavando galerías longitudinales, terminando por secar a la planta.
c) Pulgón negro. Además de ser vectores de determinados virus, producen deformaciones en hojas, tallos y vainas, además de abortos de flores y vainas inmaduras.

4.6. Usos

Las habas se utilizan como leguminosa-grano, como hortícola e incluso como abono verde. El grano seco, en los países desarrollados, se utiliza en la alimentación animal debido a su alto valor proteínico y, en pequeña escala, en alimentación humana como aperitivo (granos tostados y salados), y en países de la órbita mediterránea, como Egipto por ejemplo, siguen siendo las materias primas de platos populares. Como planta hortícola se aprovechan vainas enteras o bien únicamente los granos, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentren y de las costumbres culinarias de cada región. En la actualidad se procesan para enlatado, congelado y precocinado y, en el Levante español, también como aperitivo, requiriéndose, como en otras especies, características varietales diferentes para cada uso, si bien es algo que en este cultivo apenas se practica.

4.7. Las habas de verdeo en la nutrición

Los granos *secos* superan con facilidad el 25 % de proteína total y alcanzan el 60 % de hidratos de carbono; pobres en grasa, como las demás. En verde, superan a las compañeras del capítulo en proteínas (9 %), con una proporción similar en azúcares que el guisante (12-14 %). Pero, como se ha dicho en los dos cultivos anteriores, no se consumen habas verdes por su valor nutritivo sino por el organoléptico.

Dos glucósidos, vicina y convicina, están presentes en la mayoría de los cultivares de habas, siendo los responsables principalmente de la enfermedad diagnosticada en humanos como fabismo; es una hemorragia intestinal producida tras la ingesta de habas, si bien solo ocurre si quien las ingiere tiene un gen específico que permite tal efecto; el gen persiste en algunos países mediterráneos, pero es muy raro en países desarrollados como España. *No es una respuesta alérgica*, como se oye a veces; si el lector ha comido habas alguna vez aunque sea en forma de grano tostado como aperitivo y no ha sentido nada, es suficiente prueba de que no es portador del gen para la sensibilidad. Se conocen mutantes libres de estos glucósidos, carácter que se ha introducido en algunas variedades actuales.

Como todas las leguminosas, y todos los vegetales en general, las semillas contienen taninos, sobre todo en la cutícula, ocasionando baja digestibilidad de la proteína ingerida, factor de importancia en grano seco para pienso

pero nulo o escaso en habas de consumo en verde o conserva, pues el grano aún no los ha formado; como ya se ha dicho, las variedades de flor blanca se encuentran libres de taninos (son las «cero taninos»), siendo obligatorias en algunos países.

4.8. Importancia y producción

En España, su cultivo ha descendido en los últimos años, tanto en habas secas como de verdeo, a pesar de haberse conseguido modalidades de tanto éxito gastronómico como las habas *baby*[7] y de haberse resuelto los principales problemas del cultivo. Sea como fuere, en cultivo *de verdeo* se sembraron en España unas 5.000 ha, prácticamente todas en regadío al aire libre salvo pequeñas superficies en secano (testimonial en secano húmedo, unas 300 ha en secano estricto en Andalucía), con una producción de algo más de 45.000 t y rendimiento medio de 9 t/ha en regadío y unas 4 t/ha en secano andaluz (5 en el húmedo del Norte). La mayor superficie en regadío fue la andaluza (con casi 2.000 ha) seguida de la navarra (unas 1.000 ha). Los mayores rendimientos se registraron en Murcia y Valencia, respectivamente con 15 y 11 t/ha. La superficie cayó desde principios de siglo (algo menos de ocho mil en 2001), aunque registró un aumento a mediados del decenio hasta alcanzar las nueve mil. Una de las causas, además del más que probable desconocimiento de que existen variedades perfectamente adaptadas a la agricultura moderna, es el destino en Andalucía del producto de verde casi exclusivamente al consumo en fresco en mercados locales y en autoconsumo y muy poco a la industria agroalimentaria[8].

La superficie mundial de haba de verdeo se mantiene en aproximadamente 200.000 ha (un 5-6 % de la superficie total, dedicada en su mayor parte a grano seco). Los mayores productores son Argelia, China y Marruecos, que sobrepasan las 100.000 t. Producciones y superficies son, en este cultivo, aun de más difícil estimación que en judías y guisantes por la mayor proporción de autoconsumo y de mercados locales.

5. La conservación de la variedad

Es necesario dedicarle unas líneas a la ya mencionada necesidad de realizar una correcta *selección conservadora* para el mantenimiento de las caracterís-

[7] Se le debieron a la iniciativa de la empresa Mata, de Alcaudete (Jaén).

[8] Para la campaña 2015-2016 se estima un *aumento* de más del 50 %de la superficie total de habas en España debido, como es uso y costumbre, a las subvenciones previstas en la nueva PAC.

ticas varietales de cualquier cultivo. Se suele pasar por alto en España, pero es una labor fundamental para garantizar la homogeneidad de lo que se cultiva y recolecta, tanto en el año de siembra como a lo largo del tiempo. No hay otra manera de garantizar que la variedad cuya semilla unos venden, otros siembran y cultivan y otros, finalmente, compran para la industria. Además, no es una labor ni difícil ni costosa; no hay más que seguir el protocolo de conservación que, en cada caso, debe acompañar a la inscripción en el registro y que debe realizarse por los técnicos de la casa productora que detente los derechos de propiedad de la variedad. Aquí solo se da una breve explicación.

Haciendo uso del llamado *privilegio del agricultor*, este puede, mientras la legislación lo permita, reservar parte de la cosecha *para su propio uso* en la siembra siguiente. Es algo que puede hacer con judías y guisantes, cuyas variedades *deben ser* líneas puras totalmente homogéneas genéticamente, que mantendrán sus caracteres en generaciones sucesivas. Sin embargo, es inevitable la aparición de mutaciones espontáneas, de mezclas involuntarias y de otras muchas circunstancias (la variedad, por ejemplo, puede no ser totalmente «pura») que hacen que la variedad *degenere* al cabo de algunos años. Lo aconsejable es, siempre, adquirir cada año semilla certificada (un auténtico contrato de seguro) en una casa comercial de garantía.

En el caso de las plantas autógamas, la judía y el guisante en nuestro caso, cuyas variedades, hay que repetirlo, *deben ser* líneas puras, el sistema de conservación es bien simple: se toma un cierto número de plantas (se suele fijar en 200), se siembran surcos el año siguiente, se eliminan los fuera de tipo y se mezclan los demás para iniciar el proceso de multiplicación y de certificación. Es mejor aún hacerlo reservando parte de la semilla de cada una de aquellas 200 plantas, desechar las reservas correspondientes a los surcos fuera de tipo y mezclar las demás.

Las habas, salvo en el caso de que fueran líneas puras para ambiente protegido, en cuyo caso bastaría multiplicarlas en jaulones a prueba de insectos, necesitan de una operación intercalada en ese proceso dada la fecundación cruzada existente. En el caso usual de variedades para siembra en campo abierto (y huerta) el método es igual que en el caso anterior, pero tras desechar las reservas correspondientes a los surcos fuera de tipo (de los que habrá bastantes más que en el caso anterior) y mezclar las semillas de las restantes o, mejor, las reservas de las plantas madre, dicha mezcla ha de multiplicarse en condiciones de ausencia de insectos polinizadores, bien en jaulones con malla a prueba de

abejas o en aislamiento en campo para evitar la llegada de polen extraño; es así, en aislamiento, como se debe multiplicar a partir de ese momento. Téngase en cuenta que, al aumentar la superficie cultivada en las fases sucesivas de producción de semilla certificada, aunque haya polinización cruzada, la mayor parte de ella ocurrirá entre plantas de la misma variedad, con lo que se reduce o elimina el riesgo de pérdida de homogeneidad.

Puede verse la razón de que un agricultor no deba reservar parte de la cosecha, incluso para sí mismo: si siembra una variedad de flor blanca («cero taninos») o una de crecimiento determinado con su ventajosa producción agrupada en el ápice, parte de la semilla que recoja procederá de polen de las parcelas colindantes y, en la campaña siguiente, la aparecerá una mezcla de tipos de flor blanca y coloreada o de crecimiento determinado e indeterminado. En el segundo caso impedirá la recolección mecánica y en todo caso, se perderá la homogeneidad comercial que hoy se requiere. Y si eso sucede con los dos caracteres mencionados, quiere decirse que sucede con todos. Y si tal cosa es mala para el agricultor, mucho peor es para la empresa.

Figura 9. Habas de flor blanca

6. Retos y perspectivas

No hay mayor reto para el futuro que mejorar lo ya existente, pues el nivel es tan alto, sobre todo en judías y guisantes, que es difícil ver cómo se puede avanzar. Producciones y calidades son excelentes, y el paso adelante es incrementarlas por medio de la introducción de resistencias a enfermedades y plagas (la biotecnología es esencial, sobre todo en el caso de plagas) que, además, eliminarían insumos cada vez más costosos y con mayores dificultades de aplicación por sus efectos sobre el medio ambiente.

Asimismo, con la vista puesta en el horizonte 2050, es necesario conseguir variedades eficaces en la extracción de elementos minerales, elevar al máximo la eficacia en la simbiosis con los rizobios fijadores de nitrógeno, conseguir mayor tolerancia a temperaturas límite (abarataría energéticamente el cultivo) y mayor tolerancia a condiciones de baja humedad (no a la *sequía*: basta con reducir las necesidades da agua) y de salinidad (no para sembrar en marjales, sino para utilizar aguas amargas).

Para las habas, que en España tienen, para verdeo, una calidad envidiable, no en vano se han utilizado en programas de mejora de todo el mundo, hace falta un objetivo previo: mostrar que en la actualidad los problemas tradicionales, incluso la recolección, están solucionados. En esa situación estaban las judías a principios y los guisantes a mediados del siglo XX. Es de esperar que, estando a principios del XXI, su pariente cercano siga su mismo camino.

Referencias bibliográficas

Cubero, J. I. (2013) (3ª edición): «Conservación, registro y protección de variedades»; *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*. Madrid. Mundi-Prensa.

De Ron, A., ed. (2015): *Grain legumes*. Springer, Nueva York.

Mateo Box, J. M. (1961): *Leguminosas de grano*. Salvat Editores. Barcelona-Madrid. Posiblemente agotado, pero aún interesante para conocer el «estado del arte» a mediados del XX.

Nadal, S.; Moreno, M.T. y Cubero, J. I. (2004): *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*. Madrid. Mundi-Prensa.

Norton, G.; Bliss, F. A. y Bressani, R. (1985): «Biochemical and nutritional attributes of grain legumes» en Summerfield, R. J. y Roberts, E. H., eds.: *Grain Legumes Crops*. Londres.

Pérez De La Vega, M.; Torres, A. M.; Cubero, J. I. y Kole, C., eds. (2012): *Genetics, Genomics and Breeding of Cool Season Grain Legumes*. CRC Press, Enfield, N.H., EEUU.

Singh, R. J. y Jauhar, P. P., eds. (2005): *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement Grain Legumes. Series II- Grain Legumes*. CRC, Boca Raton, FL, EEUU.

Socías, R.; Rubio-Cabetas, M. J.; Garcés, A.; Mallor, C. y Álvarez, J. M., eds. (2014): *La obtención de variedades: desde la mejora clásica hasta la mejora genética molecular*. Zaragoza, CITA/SECH/SEG.

Sprent, J. I. y Minchin, F. R. (1985): *Rhizobium*, nodulation and nitrogen fixation. en Summerfield, R. J. y Roberts, E. H., eds.: *Grain Legume Crops*. Londres.

Otros cultivos hortícolas

Otros cultivos hortícolas

José Vicente Maroto Borrego
Universitat Politècnica de València

1. Hortalizas de hoja

1.1. Coles chinas

Oriundas de Asia, donde son muy consumidas en países de Extremo Oriente, como China y Japón. En diferentes lenguas asiáticas se conocen con nombres diversos: 'Pe Tsai', 'Da Bai Cai', 'Bok Choy', 'Hasukai'… (Larkcom, 1991; Talekan, Griggs, 1981). Fueron introducidas en Europa a partir de la década de 1970 y en España, en el área mediterránea valenciana, principalmente a cargo de la empresa Pascual Hermanos SA, a mediados de esta década, sobre todo para ser exportadas al Reino Unido y otros países del norte de Europa, en otoño, invierno y primavera. En esa época Israel también producía en estos ciclos y en Europa, para ciclos de estación, llegó a ser importante la producción de Austria. Su consumo en nuestro entorno cercano suele hacerse en fresco.

Aunque no existen datos oficiales concretos para este cultivo, la exportación en la última década puede haber variado entre 50.000 y 100.000 tm.

Pertenecen a la familia de las *Cruciferae* o más modernamente *Brassicaceae* y taxonómicamente se conocen con diversas sinonimias como *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr., *Brassica campestris* L. ssp *pekinensis* (Lour) Olson, *Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Rupr.

No se aprecia en esta hortaliza, en relación con la lechuga, un contenido en alguno de los nutrientes que proporciona excesivamente destacable, y su valor energético se cifra en 14 cal/100 g de materia fresca (Watt *et al.*, 1975). Como otras coles es rica en glucosinolatos como gluconasturtiinas, glucobrasicina, etc, con propiedades antitumorales, cuyo contenido varía en función del cultivar (Kang *et al.*, 2006).

Se trata de plantas anuales de hojas verticales (de una altura entre 20 y 40 cm), con nerviaciones muy marcadas, alargadas o redondeadas, limbo crispado, irregularmente dentado, alado e inserto basalmente sobre un pecíolo prácticamente sentado. Las hojas forman un cogollo prieto y de forma redondeada (tipo *barrel*), o menos compacto y alargado (tipo *michihili*). Poseen una altísima capacidad fotosintética y la mayoría de los cultivares suelen ser de crecimiento rápido, pudiendo en 80 días elaborar más de 1 Kg/planta de materia fresca (Peron, 1983).

Prefieren climatologías suaves, con temperaturas de 15-22 °C, ausencia de heladas –a las que son muy sensibles–, evitando en general temperaturas excesivas y vientos desecantes. Entre los factores de floración el más significativo es la vernalización y con temperaturas inferiores a 12 °C –según cultivares–, desde el estado de germinación, pueden subir a flor prematuramente, existiendo formulaciones, como las de Nakamura (1976) que ligan el valor de las temperaturas vernalizantes y su duración con la proclividad a la subida a flor prematura. Aunque responden a fotoperíodos largos, la inducción floral requiere principalmente la incidencia de bajas temperaturas (Talekar, Griggs, 1981; Maroto, 2002).

En lo referente a suelos, se adapta mejor los ricos en materia orgánica de textura media, buenos retentores de la humedad, sin encharcamientos y también pH neutro. Los suelos ácidos pueden exacerbar los ataques de la hernia o potra de las coles (*Plasmodiophora brassicae*).

Las extracciones de una producción de 60 t/ha son: 120-150 kg de N, 40-60 kg de P_2O_5, 200 kg de K_2O, 120-160 kg de CaO y 30 kg de MgO (Nakamura, 1976).

Los cultivares de col china más utilizados suelen ser híbridos del tipo *barrel*, de ciclos precoces o semiprecoces (entre 55 y 80 días) y suelen ser seleccionados por su adaptación estacional en tolerancia al *tip burn*, a la subida a flor prematura y a algunas enfermedades criptogámicas («hernia», «alternaria», «oídio»…), bacteriosis o virus (mosaico del nabo, mosaico de la coliflor…).

Entre los cultivares más difundidos pueden citarse: 'Nagaoka Spring', 'Kasumi', 'Manoko', 'Richi', 'Shangai', 'Misuka', 'Sumiko', 'Yoko', 'Okido', 'Asten', etc.

En las regiones mediterráneas, y para cultivo destinado a la exportación, las siembras se realizan en semilleros o en el terreno definitivo directamente, desde mediados de agosto hasta mediados de octubre, que pueden recolectarse, según la precocidad de las variedades, entre mediados de otoño –o antes– y mediados del invierno. Para conseguir recolecciones más tardías –entre febrero y mayo– se hace necesario, en siembras posteriores, cultivar total o parcialmente algunas de sus fases (semilleros) bajo protección climática. Las protecciones climáticas de semillero pueden ser invernaderos con o sin calefacción, y en cultivo definitivo o transplantado, además de estas opciones, las cubiertas flotantes, con lo que puede prevenirse la subida a flor prematura en el área mediterránea, aunque siempre en función del cultivar utilizado (Maroto, 2002).

Tabla 1. Propuesta de calendario de producción de col china*

											Valoración		General	
Cultivar	**ago**	**sep**	**oct**	**nov**	**dic**	**ene**	**feb**	**mar**	**abr**	**may**	**espigado**	***Tip burn***	**espigado**	***Tip burn***
'One kilo'														⊘
'Taiwan'														
'One kilo'											●●●		•	
'Taiwan'											●●●•			
'kasumi'														
'Manoko'													●●●●	⊘
'Nikko'														
													●●●●●	
													●●●●●	
													●●●●●	
													●●●●●	
'Taiwan'													●	⊘
'Nikko'														
'One Kilo'														

■ Fecha de siembre ■ Fecha trasplante ■ Fecha de recolección

** Resultados obtenidos en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

● *Mayor o menor suceptabilidad a la subida a flor prematura.*
⊘ *Mayor o menor susceptabilidad a tip burn.*

Figura 1. Piezas del cultivar 'Manoko'

Figura 2. Cultivo de col china, cubierta flotante

Los marcos de plantación más adecuados pueden variar entre 0,3-0,6 m entre filas y 0,25-0,30 m entre plantas según cultivares y ciclos de cultivo.

Los herbicidas recomendados para coles repollo, pueden ser utilizados con las debidas precauciones, en coles chinas.

Rendimientos de 40-60 t/ha son fáciles de obtener con estas hortalizas, pudiéndose en ocasiones incrementar hasta 70-80 t/ha.

Una vez recolectadas, las coles chinas se manipulan en las centrales hortofrutícolas eliminando las hojas exteriores, calibrando las piezas recolectadas, introduciéndolas en bolsas de polietileno y estas, a su vez, se disponen verticalmente en cajas que contienen distinto número de unidades.

La conservación se hace a 0-1 °C y 90-95 % de humedad relativa, en cuyas condiciones pueden mantenerse tres o cuatro semanas.

Además de compartir la mayoría de los problemas fitopatológicos indicados para las coles-repollo, como anomalías más específicas de la col china pueden citarse:

- *Subida a flor prematura:* principalmente producida por la inducción debida a bajas temperaturas, lo que es muy frecuente en siembras tardías para producción de mediados del invierno a mediados de primavera y para lo cual, como se indicó anteriormente hay que proteger total o parcialmente el cultivo.
- *Tip burn*: fisiopatía que se manifiesta en principio por una desecación marginal de las hojas jóvenes e interiores de la planta, que con el tiempo puede evolucionar apareciendo distintas podredumbres causadas por infecciones microbiológicas secundarias y teniendo –o pudiendo tener– una incidencia muy negativa para el acogollado y la calidad comercial de esta hortaliza. Las causas de este desorden parece ser que radican en una mala translocación del calcio. En la distribución del calcio por las plantas, la función transpiratoria tiene una gran importancia. Las hojas externas –más viejas– con mayor potencial transpiratorio reciben de forma prioritaria el calcio durante el día a través de la savia ascendente, y si existe un alto nivel de evaporación, pueden incluso retirar agua de las hojas internas más jóvenes. Con una elevada humedad relativa nocturna, la presión radicular hace que haya un flujo ascendente de savia a presión superior a la atmosférica, que origina la formación de gotas de agua en los márgenes foliares a través de los hidatodos. Conjuntamente con este flujo ascendente de savia, el calcio se desplaza hacia las hojas más jóvenes, que poseen un menor potencial transpiratorio que las más viejas. Determinados factores, como la salinidad, las temperaturas demasiado elevadas y, en

general, todos aquellos agentes que inducen un crecimiento demasiado rápido, pueden ocasionar un mayor grado de *tip burn*, puesto que las células en crecimiento precisan elevadas cantidades de calcio, sobre todo para formar la membrana celular. Nuestro equipo de trabajo estudió durante varios años la incidencia de *tip burn* en este cultivo, habiendo constatado que existe susceptibilidad varietal (así, p. ej., el cultivar *Hi-Mark* es menos propenso a esta fisiopatía que otros cultivares como *Winter Giant*); que las temperaturas elevadas son probablemente el agente desencadenador más importante de este desorden en el litoral mediterráneo español; que la aplicación por vía foliar de abonos ricos en calcio –como cloruro de cal– puede tener un cierto efecto preventivo, sobre todo si las elevadas temperaturas se originan antes de que la planta empiece el acogollado y los tratamientos son reiterativos, etc. En algunos experimentos llevados a cabo por nuestro equipo de trabajo se ha constatado un efecto significativo de la aplicación conjunta de retardadores como el clormecuat con sales o quelatos cálcicos (Maroto *et al.*, 2002).

Algunos autores como Nakamura (1976) distinguen en la sintomatología entre dos tipos de *tip burn* en la col china. El primero es de aparición precoz y se observa mediante la manifestación en las hojas exteriores de un marchitamiento progresivo que finaliza con una desecación foliar que adquiere un color blanquecino (*marginal-rot*). El otro tipo de *tip burn* (*heart-rot*) se manifiesta con el marchitamiento y la posterior podredumbre de hojas ubicadas en el interior del cogollo. Lógicamente, el *marginal-rot* es de control más sencillo que el *heart-rot*.

- Carencia en boro: aparecen manchas marrones y de consistencia corchosa en las nerviaciones de las hojas exteriores; el crecimiento de la planta queda paralizado. A veces su deficiencia en determinados órganos de la planta suele asociarse con una mayor incidencia de *tip burn*.
- Carencia en calcio: aparecen márgenes foliares secos. Puede ser un factor importante de *tip burn*.
- Pulgones: debido a la conformación especial de sus cogollos y a que estos se forman, sobre todo en sus producciones precoces, en una época de fuerte vuelo de áfidos, es conveniente vigilar los niveles de infección de estos homópteros, puesto que, en caso contrario, si se

introducen en el interior de las pellas, se hace muy dificultoso su combate y, sobre todo, su desalojo.

- Otras plagas que pueden tener una cierta importancia en España son la mosca de la col, la mariposa de la col, la polilla de las crucíferas y la «rosquilla negra», que han sido comentadas en el capítulo correspondiente a las coles-repollo con una problemática similar a la indicada en el caso de los pulgones.
- *Alternaria brassicae* (Berk): enfermedad de gran incidencia en las coles chinas.
- *Antracnosis (Colletotrichum higginsianum* Sacc.) que produce pequeñas ulcerizaciones en las nervaduras, lo que a veces se asocia al ataque de *Alternaria.*
- *Bacteriosis: Erwinia aroidea* (Townsend) desarrolla podredumbres blandas.

1.2. Hinojos

Aunque es una especie conocida en las regiones mediterráneas desde la Antigüedad por sus propiedades medicinales (balsámicas, desinflamatorias y diuréticas) y aperitivas, como cultivo regular y en parcelas de cierta extensión. Se introdujo en España en la década de 1970 en áreas del litoral mediterráneo, y con una proyección hacia su exportación. La esencia que da el aroma especial al hinojo está constituida, como en el caso del anís, principalmente por anetol. Los «bulbos» de hinojo son particularmente ricos en vitamina A y proporcionan 24 cal/100 g comestibles (Watt *et al.*, 1975).

Es una hortaliza muy cultivada en Italia, que es el gran productor europeo, siendo muy apreciada como aromatizante de algunos guisos y también consumida directamente en platos especiales o ensaladas. También es apreciada en Francia, Alemania, Reino Unido, etc.

Pertenece a la familia *Umbelliferae* y su nombre científico es el de *Foeniculum dulce* D. C., que es una planta anual formada principalmente por un conjunto de hojas radicales que poseen sus limbos finamente divididos. Los pecíolos poseen sus bases carnosas y ensanchadas, entrelazándose unos con otros, formando una especie de bulbo que engloba asimismo elementos caulinares y que es el órgano comestible de la hortaliza. El peso de este bulbo

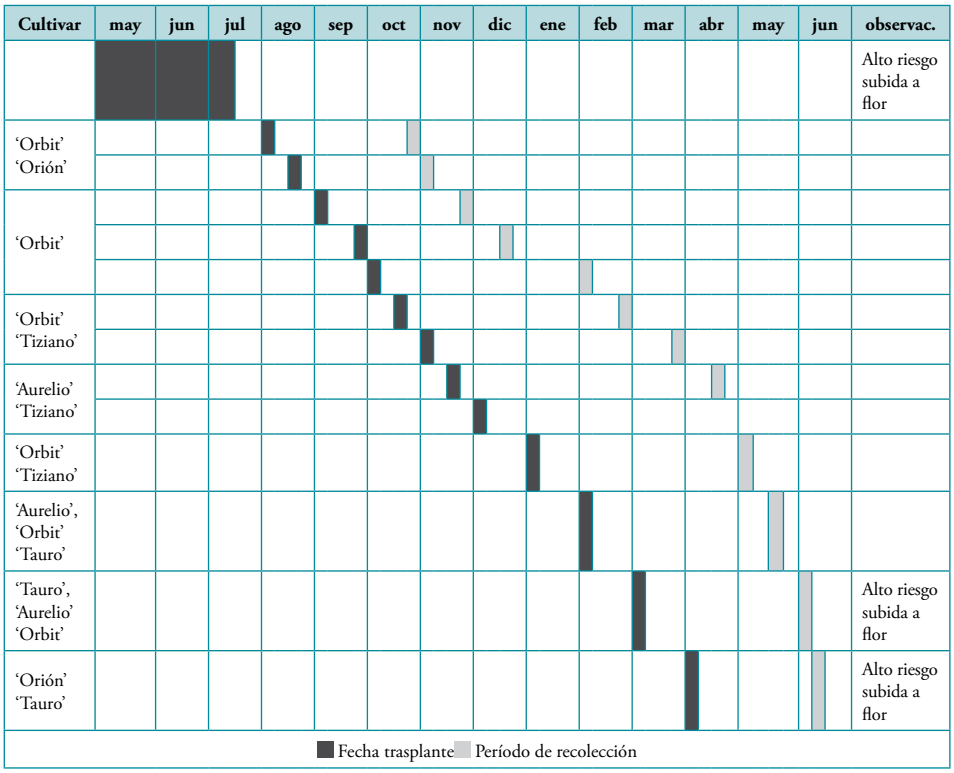
viene a oscilar entre 150 y 350 g. Los pecíolos son redondeados por las partes superiores al bulbo.

La floración se produce en umbelas y las semillas poseen un poder germinativo medio de 3-4 años, siendo su peso de 1 g por cada 150 a 250 semillas.

Los cultivares más utilizados son híbridos de ciclo variable (60-150 días) seleccionados por su ciclo adaptativo, su uniformidad, su resistencia a floración prematura, etc.

Entre los cultivares híbridos cabe citar: 'Tauro', 'Orbit', 'Pitágora', 'Tizano', 'Valentino', 'Carmo', 'Aurelio', etc.

Tabla 2. Propuesta de calendario de producción de Hinojo*



** Resultados obtenidos en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

Entre los cultivares de polinización abierta, algunos también muy acreditados, pueden citarse: 'Dulce de Florencia', 'Latina', 'Domino', 'Cristal', etc.

Los cultivares de ciclo corto suelen requerir fotoperiodos más largos que los de ciclo medio o largo para formar el «bulbo» u órgano de aprovechamiento (Peron, 1981).

Figura 3. Plantación de hinojo en la huerta de Valencia

No puede vegetar en climatologías frías, pues las heladas destruyen la planta. Es muy sensible a la sequía, pudiendo ser esta una causa de la subida a flor prematura, accidente que también puede ocurrir tras la incidencia vernalizante de bajas temperaturas. Peron (1981) considera que el fotoperíodo largo es el principal agente climático desencadenante de la subida a flor, sobre todo conjuntamente con temperaturas elevadas, siendo criterio de este autor que las temperaturas bajas no son inductivas de la floración en el caso del hinojo. Chaux y Foury (1994) consideran que la bulbificación del hinojo se ve claramente favorecida por la acción de los días cortos y/o temperaturas relativamente bajas, mientras que la floración es un proceso dependiente sobre todo de los fotoperiodos largos. Por esta razón en la mejora genética de esta especie se han seleccionado genotipos más tardíos o precoces en base a su adaptabilidad a estas circunstancias. En cuanto a suelos, prefiere terrenos medios, ricos y frescos. Es una planta tolerante a la acidez del suelo.

En el cultivo destinado a la exportación, tal y como se realiza en el litoral mediterráneo español, se siembra en julio-agosto, pudiendo o no sombrearse el semillero. Se trasplanta en septiembre-octubre sobre pequeños surcos distanciados 0,30-0,40 m, separándose las plantas 0,20-0,30 m. A veces también

se hace una siembra directa, siendo normales densidades de plantación comprendidas entre 8 y 16 plantas/m^2.

Las extracciones medias de 1 ha de hinojos pueden cifrarse en 55 kg de N, 20 kg de P_2O_5 y 120 kg de K_2O.

La recolección se escalona entre diciembre y marzo, pudiéndose conseguir rendimientos de 30-35 t/ha (Maroto, 2002).

Figura 4. Bulbos de hinojo confeccionado

Una vez que han sido recolectados los hinojos, el acondicionamiento en el almacén se verifica quitando las hojas exteriores, así como los «plumeros» de hojas. Posteriormente se calibran los «bulbos» y se colocan en sacos o en cajas. En ocasiones se envuelven en una lámina plástica «over-wrap» y otras veces se colocan en bandejas recubiertas de una lámina plástica.

Entre las plagas de mayor incidencia en el área mediterránea sobre este cultivo pueden citarse la rosquilla negra (*Spodoptera littoralis Boisduval*), los gusanos grises (*Agrotis* sp.), los pulgones, etc.

Entre las enfermedades pueden indicarse: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De By, *Botrytis cinerea* Pers., *Pythium* sp., *Alternaria petroselini,* etc.

En determinadas circunstancias puede ser importante y negativa la incidencia de la «subida a flor prematura», así como las deformaciones que puede sufrir el bulbo, como el «reventado», el «bulbo plano», etc. El «reventado» es más frecuente cuando la temperatura, durante la recolección es excesivamente

elevada, lo que en ciclos de exportación suele presentarse a principios del otoño y finales del invierno-principios de primavera. El «bulbo» plano o «paleta» suele manifestarse más en el período invernal y en situaciones de umbría. Tanto para «reventado» como para «bulbo plano» se constatan diferencias entre cultivares (Baixauli, 2000).

1.3. Perejil

Es una planta oriunda del Mediterráneo oriental europeo. Fue conocida por griegos y romanos, que ya la utilizaban como aromatizante de diversos guisos.

Se consume como planta de aderezo, aromática y sazonadora de distintas preparaciones culinarias. Posee un alto contenido en vitaminas A y C y sus hojas son ricas en un aceite volátil cuyo principio activo es el apiol.

Se consume principalmente a través de sus hojas y en los últimos tiempos, troceado para la elaboración de bolsas de cuarta gama. Determinados cultivares de esta especie hortícola desarrollan una raíz tuberosa por la cual se aprovechan, aunque este uso es en general poco conocido en España, estando considerada como una hortaliza típica de hojas.

Aunque no figuran datos estadísticos sobre su producción es conocido que existe un pequeño volumen exportado a países de la UE sobre todo de perejil rizado.

Pertenece a la familia *Umbelliferae* y su nombre científico es el de *Petroselinum sativum* Hoffm.

Planta bianual, erecta, glabra, de raíz pivotante, con hojas en roseta muy pecioladas y limbos dobles o triplemente pinnatisectos, que pueden ser planos o rizados según variedades. En el segundo año de cultivo emite un tallo floral que puede alcanzar una altura de 80 cm, dando inflorescencias en umbela de radios iguales. Flores verdes amarillentas o rojizas. Fructificación en aquenios de pequeño tamaño, que son considerados semillas, cuyo peso es de 1,40 g por cada 1.000 semillas y su capacidad germinativa media es de unos dos años.

Los cultivares más utilizados de perejil pertenecen a dos variedades botánicas aprovechables por sus hojas.

- *P. sativum* Hoffm. var. *latifolium* Airy Shaw, que engloba los de hoja lisa como: común, gigante de Italia, *plain*, titán, felicia…

- *P. sativum* Hoffm. var. *crispum* Mill., a la que pertenecen los cultivares de perejil rizado como: rizado verde oscuro, *moss curled evergreen*, *paramount*, *sparticus*, frisé verde oscuro raza Frison, *krausa*, *bravour*, *moskrul* raza Pagoda, *kransa*, *vesta*, *darki*, amplia…

Tabla 3. Calendario de producción en cultivo de perejil*

Cultivar	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
'Común plain'				1	2 3	4 5	6	7				
'Común de hoja lisa'				1	2 3	4 5	6	7				
'V. Guillot'				1	2 3	4 5	6	7	8			9
'Cabrera'	9				1	2 3	4	5	6	7	8	
'Común plain'	7				1	2	3 4	5	6			
'Común de hoja lisa'		8			1	2 3	4	5	6		7	
'Giant Italian-Oscar'					1	2	3 4	5	6			
'V. Guillot'	9				1	2 3	4	5	6	7	8	7
'Cabrera'		4		5					1		2	
'Común plain'		3		4						1	2	3
'Común de hoja lisa'	3			4						1	2	
'Giant Italian-Oscar'		3		4						1	2	
'V. Guillot'		4							1		2	3
'Común plain'			1	2	3	4	5	6	7			8
'Común de hoja lisa'			1	2	3	4	5	6	7			8
'V. Guillot'			1 2		3	4	5	6	7	8	9	
'Cumún plain' + CF			1	2	3 4	5	6	7	8			
'Común de hoja lisa' + CF			1	2	3 4	5	6	7	8			
'V. Guillot' + CF		1	2	3	4 5	6	7	8	9	1 0	1 1	

■ Fecha siembra directa ▒ Recolección

** Resultados de diferentes ensayos obtenidos en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta.*

El número en los períodos de recolección hace referencia al número de corte practicado después de cada rebrote.
CF hace referencia a la utilización de la técnica de cubierta flotante con prolipropileno no tejido.

Es una planta sensible a las heladas, a la sequía y a los vientos fuertes. La acción de bajas temperaturas puede tener un efecto vernalizante.

Figura 5. Planta de perejil

En relación con los suelos, no le convienen los arcillosos ni los excesivamente ligeros. Prefiere terrenos de textura media, ricos en materia orgánica y frescos.

Prats (1970), para una cosecha de perejil rizado de 67,6 t/ha en dos cortes, da unas extracciones de 170 kg de N, 66 kg de P_2O_5, 557 kg de K_2O, 105 kg de CaO y 13 kg de MgO, mientras que en perejil ordinario y una cosecha de dos cortes de 90 t/ha, el nivel de extracciones indica que es de 262 kg de N, 96 kg de P_2O_5, 885 kg de K_2O, 169 kg de CaO y 22 kg de MgO.

La siembra del perejil, aunque en zonas de inviernos templados puede efectuarse prácticamente durante todo el año, suele realizarse normalmente entre finales del invierno y mediados del verano.

La semilla de esta hortaliza es muy lenta en germinar, tardando la nascencia entre 25 y 40 días, por lo que puede ser útil ponerla a remojo unas 24-48 horas, aunque en este caso, y para evitar la compactación entre las semillas, es conveniente antes de sembrar dejarlas secar un cierto tiempo. Al parecer, esta latencia es debida a la presencia de sustancias inhibidoras, así como a unas exigencias muy específicas en la relación temperatura/iluminación y, por supuesto, al propio genotipo varietal. La latencia de las semillas de perejil es

endógena y está ligada a la presencia de substancias inhibidoras, como algunas cumarinas del tipo del heraclenol. La inmersión de las semillas en agua durante unas horas, así como una ligerísima escarificación –poco viable, dado el pequeño tamaño de las semillas–, puede mejorar la germinación. En contrapartida con lo que ocurre en apio, los lixiviados de semillas de perejil tienen menos acción inhibidora de la germinación (Maroto, 2002). Nuestro grupo de trabajo publicó diversos trabajos sobre la respuesta a distintos fitorreguladores, la latencia y la producción comercial de diferentes cultivares de perejil (p.ej. Torres *et al.*, 2012).

Figura 6. Ensayo de variedades de perejil

La siembra puede hacerse a voleo o en líneas equidistantes 25-30 cm. En el primer caso, la dosis de siembra es de 1,5 g/m^2. Los aclareos y las escardas son los cuidados de cultivo más importantes.

Como herbicidas de este cultivo pueden utilizarse, con las debidas precauciones, los mismos que se indicaron en apios.

La recolección se inicia a los 80-90 días de la siembra, pudiéndose cosechar en varias pasadas, cortando paulatinamente las hojas a medida que se van formando o en una sola vez arrancando toda la mata.

Los rendimientos medios que se consiguen son de unas 30 t/ha, aunque pueden ser más elevados.

La conservación, si se realiza a 0-1 °C y 85-90 % de humedad relativa, puede durar uno o dos meses. Molinas y Durán (1970) indican que a veces, para mantener más intensamente el aroma, el perejil es conservado a -2 o -3 °C.

La comercialización del perejil se suele hacer en manojos o en bandejas recubiertas con filmes plásticos.

Las plagas y enfermedades que atacan al perejil son prácticamente las mismas que afectan a otras umbelíferas hortícolas como zanahoria, apio, etc., pudiendo ser destacadas:

- Mosca minadora del apio (*Phylophylla heraclei* L.).
- Pulgones diversos.
- Mildiu de la zanahoria (*Plasmopara nivea* Schr.)
- Septoria del apio [*Septoria apii* (Briosi el Cav) Chest.].

1.4. Eneldo

El eneldo (*Anethum graveolens* L.) es una umbelífera anual de consistencia herbácea que puede encontrarse silvestre en el área mediterránea, y que es cultivada en Europa septentrional utilizando cultivares mejorados.

Las líneas cultivadas pueden alcanzar una altura superior a los 80 cm y las hojas son de color verde glauco y fuertemente divididas en 3 o 4 lacinias. Las inflorescencias, como corresponde a la familia botánica a la que pertenece, aparecen en forma de umbelas con 15-25 radios desiguales y sus frutos en aquenios –confundidos con las semillas– son parecidos a los del hinojo.

El eneldo es una planta de consumo muy antiguo por su fuerte sabor, por lo que ha sido un condimento muy apreciado, en numerosos guisos, sobre todo de pescado y actualmente es bastante conocido por su utilización conjunta con el salmón en los países escandinavos, donde se denomina, como en otros países anglosajones, *dill*. También se utiliza en algunos de procesos de licorería. Existen referencias que indican que era conocida y utilizada por los antiguos egipcios, griegos y romanos por sus propiedades aromatizantes, conservantes y medicinales (Loewenfeld y Back, 1980; Font Quer, 1981).

Se le atribuyen numerosas propiedades medicinales como planta antiespasmódica, carminativa, diurética, estomacal, sedante, etc. De sus hojas y, sobre todo, de sus frutos puede extraerse una esencia particularmente rica en

carvona (cetona terpénica) y, en menor porcentaje, en limoneno, felandreno, pineno, dipenteno, diapiol, etc. (Muñoz, 1987).

Desde mediados de la década de 1980 ha existido en diversos países mediterráneos un cierto interés por cultivar esta planta con miras a su exportación en fresco en los meses de invierno hacia Europa septentrional. También se comercializa como planta condimentaria en ramas secas en interior de bolsitas.

En España, y concretamente en la Comunidad Valenciana, nos consta que algunas compañías, en estas mismas fechas, introdujeron en las alternativas hortícolas de forma regular el cultivo en regadío, con siembras desde mediados del verano a mediados del otoño, para la consecución de cosechas de otoño, invierno y primavera, principalmente destinadas a los países como Dinamarca, Suecia, etc, habiendo surgido determinados problemas para la producción invernal al aire libre en algunos años, como la subida a flor, escaso desarrollo vegetativo, etc. En cualquier caso, el volumen producido y/o exportado nunca ha alcanzado valores importantes.

Durante dos campañas hicimos dos siembras de otoño, bajo invernadero para conseguir cosechas de invierno-principios de primavera exentas o poco afectadas de floración prematura, con rendimientos importantes sobre todo para un marco de plantación de 64 plantas/m^2 (0,25 x 0,125 m) frente a 16 plantas/m^2 (0,50 x 0,25 m). El cultivar utilizado fue la selección 400362/58710 de Tezier. El peso medio alcanzado varió aproximadamente entre 100 y 300 g/planta fresca, con ciclos de cultivo entre 80 y 110 días. Los problemas patológicos más importantes que detectamos en nuestros experimentos fueron el *oidio* y *Botrytis* (Maroto *et al.*, 1996).

Figura 7. Planta de eneldo

1.5. Hortalizas orientales

Posteriormente a la introducción de la col china, y a partir de la década de 1980 empezaron a cultivarse en España, distintas hortalizas, procedentes del este de Asia destinadas a la exportación hacia los mercados europeos que abastecían a proveedores de los restaurantes «chinos», existentes en el norte y centro de Europa.

Algunas agrupaciones de cultivadores, como la cooperativa Unió Protectora de El Perelló (Valencia) comenzaron a difundir el cultivo de muchas de estas plantas, aunque el mercado fuera reducido y a veces las cualidades que se exigían al producto para establecer su recolección y suministro, no resultaban suficientemente claras ni homogéneas.

Con la expansión de todo tipo de restaurantes orientales en España, el entendimiento entre productores y receptores mejoró en la definición de los productos esperados y la comercialización se amplió, aunque nunca excesivamente, por lo que pueden constituir «a escala» una alternativa productiva en Horticultura. Nuestro equipo de trabajo llevó a cabo desde 1990, diversos experimentos sobre las principales problemáticas de cultivo de muchas de estas plantas en el área litoral valenciana (Maroto, 1992; Maroto *et al.*, 1996).

Una hortaliza oriental, mucho menos difundida que la col china pero también cultivada en España es el llamado *Pak-choi (Brassica chinensis* L. sin *B. campestris* L. ssp. *chinensis* (Rup.) Olson). En algunos textos esta planta se engloba junto con la anterior como un tipo de col china, por lo que en la primera fase de introducción de las coles chinas en Europa hubo numerosas confusiones al respecto. En realidad y para el consumidor occidental, la morfología de esta planta no se corresponde con la de una col, puesto que forma una roseta de hojas bastante erguida pero sin llegar a formar un verdadero cogollo, por lo que si hubiéramos de hacer una adaptación léxicográfica, más que de col china, la tildaríamos de «acelga china». Los pecíolos de las hojas, como en el caso de la col china, son muy gruesos, pero a diferencia de aquellos tienen un mayor aspecto de pencas, con un limbo poco manifiesto hasta su mitad superior. Estas pencas pueden ser blancas o verdes según cultivares. La altura que alcanza la roseta de hojas, aunque varía con la época del año y el cultivar, suele oscilar entre 20 y 40 cm.

Se trata de una planta cuya floración está regida por mecanismos de vernalización (temperaturas bajas) por lo que sembrada en otoño/invierno, puede subirse a flor prematuramente.

Aunque la comercialización ortodoxa implica únicamente la roseta de hojas, si el tálamo floral se muestra aparente, pero no está muy desarrollado, las plantas pueden ser comercializadas sin excesivos problemas, en determinadas circunstancias.

La temperatura óptima de crecimiento varía entre 15 y 20 °C. Como en el caso de las coles chinas, pueden hacerse semilleros o siembra directa. En el primer caso el transplante se hace a las 3-4 semanas de la siembra. En el terreno definitivo los marcos de plantación son variables, según la envergadura de los cultivares y suelen oscilar entre 18-40 cm entre líneas y 5-15 cm entre plantas. Como media puede hablarse de densidades de plantación de 50 plantas/m^2.

Para cosechas de otoño, el cultivo puede realizarse en el área mediterránea española al aire libre, mientras que para cosechas de invierno a mediados de

primavera se hace necesario el cultivo bajo algún sistema de protección climática, existiendo cultivares más o menos susceptibles a la floración prematura.

El ciclo de cultivo se completa, según cultivares y épocas, entre 1,5 y 2,5 meses desde la siembra.

Los principales usos del *pak-choi* son la elaboración de sopas, para lo cual se utiliza en estado fresco o de planta desecada, en frituras y encurtidos.

Existe una serie de plantas hortícolas que se aprovechan normalmente por los manojos de sus hojas y el tálamo floral emergente de los mismos. Entre las más conocidas podemos citar *choy-sum, tsoi-sim* o *pak-tsoi-sim* (*Brassica campestris* L., sin *B. rapa* L. var. *parachinensis* Bailey). Se trata de una hortaliza anual con hojas más o menos alternas o de pecíolos ligeramente aserrados en los bordes, de pecíolos aparentes y algo alados en la base, limbos más o ·menos elipsoides o aovados y que suele alcanzar en el momento de la recolección una altura de 20-50 cm, habiéndose formado en el interior del manojo de hojas en este estado un tálamo floral de 15-20 cm, rematado por una inflorescencia bracteada, con flores amarillas, que al cosecharse deben estar poco abiertas y que no rebasen la envergadura del manojo de hojas.

El material vegetal existente se agrupa principalmente en función de la rapidez en cubrir el ciclo, existiendo cultivares que lo desarrollan en 40 días y otros de desarrollo más lento, que pueden tardar más de 90 días en completarlo. Aunque es una planta típica de desarrollo estival en Extremo Oriente, puede, en climatologías benignas como las mediterráneas, cultivarse en otoño o invierno, haciendo uso de protecciones ligeras, como túneles e invernaderos y utilizando cultivares de distinto grado de adaptación climática.

La parte más apreciada del *choy-sum* suele ser el tálamo floral con los botones florales antes de su apertura.

El marco de plantación básico puede ser similar al utilizado para el *pak-choi.*

Existe un tipo de *choy-sum* llamado «*purpurado*» (*B. rapa* L. var. *purpurea*) que se denomina así al tener de color rojizo los tálamos florales, los pecíolos y la venación foliar, con sus hojas más parecidas a las de los nabos. Esta coloración púrpura se ve más acentuada y contrastada con el color verde de las hojas, cuando se cultiva en invierno. Se utiliza en ensaladas, platos cocidos o fritos, encurtidos, etc.

Figura 8. *Pak-Choi*

A veces, también se utilizan distintos cultivares, fruto de la hibridación entre diferentes líneas de colza (*B. rapa* L.), que se aprovechan por los tálamos florales parcialmente abiertos y las brácteas de los mismos.

Otra planta de uso parecido a las anteriores, es la denominada bróculi chino (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* Bailey) o 'Gai-Jan', 'Kaai Jaan Tsoi' o 'Kailan'. De crecimiento más lento que el *choy-sum*, puede dar lugar hasta 3-4 recolecciones sucesivas, en la primera de las cuales se cosecha el brote que alberga la inflorescencia principal sin abrir, recubierto por hojas de unos 15 cm de longitud. La longitud del brote suele ser de 7-12 cm. Posteriormente se cortan los brotes laterales subsiguientes con sus respectivas inflorescencias. En cualquier caso, las inflorescencias están mucho menos desarrolladas que en el bróculi occidental (*B. oleracea* L. var. *itálica* Plenck.).

Aunque en climatologías benignas se puede cultivar en cualquier época del año (según cultivares), en los meses más cálidos pueden surgir problemas de apertura excesivamente rápida de flores y en siembras otoñales e invernales sin proteger, pueden aparecer problemas de escaso desarrollo vegetativo y floración prematura y deficiente. Para estos ciclos es conveniente, en el área mediterránea española, cultivar 'Kailan' bajo algún sistema de protección climática.

Un marco de plantación usual puede ser el de 25-40 cm entre líneas y 20-30 cm entre plantas.

Como en los casos anteriores, pueden hacerse semilleros y transplantes posteriores o bien realizar siembras directas.

Se usa en sopas, cocidos, etc.

Existe una amplia gama de cultivares de *Brassica juncea* Czern y Coss., conocidos bajo la acepción de «mostaza», mostaza china, *gai cai*, *gai choi*, *karashina*, seleccionados por sus hojas como hortalizas, desde hace varios siglos en China, partiendo de los taxones típicos de mostaza destinados a la obtención de aceite o especies (Larkcom, 1991).

Todos estos tipos de mostazas hortícolas forman una roseta de hojas de tamaños, formas y colores muy diversos.

Algunos cultivares tienen las hojas de color verde, enteras, la superficie ondulada y ancha, los pecíolos están poco marcados y las nerviaciones son verdosas o de color rojizo. Otros presentan las hojas con los limbos rojizos y con las nerviaciones blanquecinas.

Figura 9. Mostazas

Ambos tipos dan hojas que pueden alcanzar una altura de 60 y 30 cm de anchura. Todos estos cultivares pertenecen a *B. juncea* [(L.) Czern y Coss] var. *rugosa* Hort.

Sus hojas pueden emplearse en ensaladas, en sopas y en forma de encurtidos, resultando a veces algo picantes.

Son plantas sensibles a la sequía, que pueden subirse prematuramente a flor por la incidencia de fotoperiodos largos o por la acción de temperaturas vernalizantes. Aunque algunos cultivares de las mostazas como 'Red Giant' son resistentes al frío y poco susceptibles a la subida a flor prematura, es conveniente en otoño/invierno, incluso en las climatologías mediterráneas, el cultivo bajo plástico.

Desde la siembra a la recolección pueden transcurrir 90-120 días y su ciclo normal puede iniciarse de mediados a finales del verano, para recolectar en otoño y en cultivo protegido, desde principios a mediados de otoño para cosechar en invierno, dejando marcos de plantación de 40-50 x 40-50 cm.

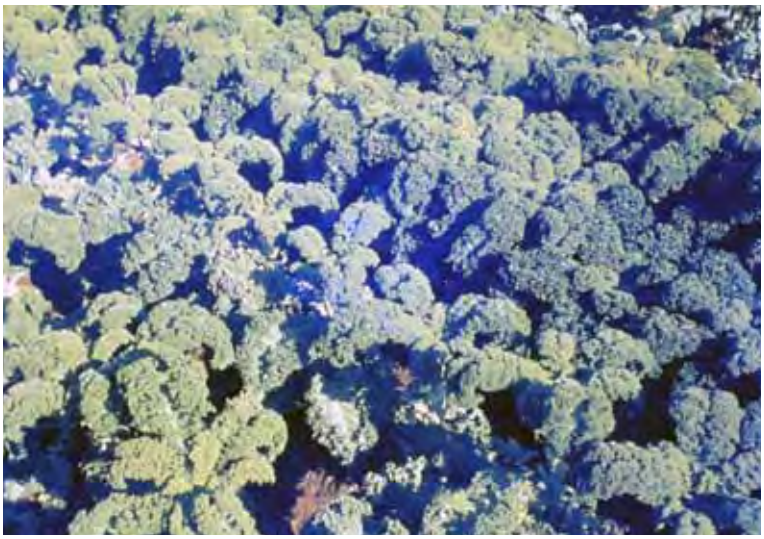
Otros tipos de mostazas conocidas, como «*serifon*» pertenecen al taxon *B. juncea* [(L.) Czern. *et* Coss.] var. *multiceps* Bailey, poseen las hojas bastante lobuladas, los bordes ligeramente aserrados, son de color verde y con una envergadura algo inferior a las formas anteriores (30-40 cm). Se suele aconsejar que se siembren entre el verano y mediados del otoño, para cosecharse en otoño-invierno. Se pueden consumir en forma de encurtidos, frituras o hervidas.

Existen otras mostazas, conocidas como «mostazas de tallo» o «mostazas cornudas», que presentan tallos y pencas hinchadas sobre las que se desarrollan unas ciertas protuberancias en forma de bultitos. Los limbos son a veces hendidos y, como los otros grupos de mostazas, son plantas muy sensibles al calor y a la sequía, por lo que su cultivo no debe realizarse en los meses cálidos del verano. Pueden cosecharse en estado de pequeñas plantas, a las 6-8 semanas de sembradas o en plena madurez, a los 3-4 meses. Tallos, pencas y hojas se consumen como encurtidos o hervidos. También hay un grupo de mostazas hortícolas de hojas más enteras y redondeadas, pero de apariencia más próxima al *serifon,* que son las denominadas mostazas comunes (*B. juncea* (L.) Czern y Coss var. *crispifolia* Bailey*)* y se consumen en fresco o cocidas en guisos diversos.

Otras plantas, menos conocidas en España, pero de consumo popular en Extremo Oriente, son diferentes tipos de coles ornamentales con características similares a la misma variedad botánica que las berzas europeas *(Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC). En este sentido, hay cultivares de hojas lisas y colores blanquecinos, rosados, amarillos y cultivares de hojas muy rizadas (tipo *kale*). Resulta bastante frecuente observar el cultivo de estos grupos de plantas en los jardines familiares tanto por su aspecto ornamental, como por el hecho de que sus hojas se recolectan y se consumen en ensaladas, guisos, caldos, etc.

A pesar de todo lo expuesto, cabe señalar que son muchas más de las aquí citadas, las hortalizas orientales cultivadas y consumidas actualmente en España, incluso dentro de las pertenecientes al género *Brassica* puesto que existen numerosísimas formas cultivadas no solo en Extremo Oriente, sino en otras áreas geográficas (Tsunoda *et al.*, 1980).

Figura 10. Berzas de hoja rizada (kale)



1.6. Hortalizas de hoja principalmente destinadas a la IV gama

La «eruca» o «roqueta» *(Eruca sativa* Mill.) es otra crucífera que se aprovechó en el pasado por sus hojas como verdura y que actualmente también se cultiva para cuarta gama.

Canónigo, valerianela, hierba del canónigo de bolitas azules (en francés, *mâche*), etc. son denominaciones que incluyen diversas especies de la familia de las *Valerianaceae* como *Valerianella olitoria* Moench., *V. eriocarpa* Desy, etc., que forman una roseta de hojas que suelen ser consumidas en ensaladas. Se multiplican a través de semillas, que son sembradas a finales del verano para conseguir una producción otoñal, y a principios del otoño para obtener una producción invernal. Nuestro equipo de trabajo desarrolló diversos experimentos para las condiciones litorales de la Comunidad Valenciana en

aras a establecer un calendario productivo ininterrumpido de otoño-invierno-primavera con diversos cultivares utilizando varios sistemas de cultivo.

Desde mediados de abril al inicio del otoño se constataba que las elevadas temperaturas reducían la germinación y la calidad. Entre los cultivares ensayados figuraban 'Topaze', 'Gala', 'Jade' y 'Trophy'. En nuestra opinión la mejor técnica de producción de canónigos sería la utilización, en todas las fases y ciclos de cultivo, de bandejas de poliestireno rellenas con sustrato (Maroto *et al.*, 2003).

La *Verdolaga* (*Portucala oleracea* L.) perteneciente a la familia *Portulacaceae*, más conocida como mala hierba de verano, sus hojas suelen ser consumidas en algunos países como ensalada, a la que se le atribuye un contenido elevado de ácidos grasos de los tipos Omega 3 y Omega 6, existiendo genotipos seleccionados con concentraciones elevadas en estos componentes bioquímicos (Mortley *et al.*, 2012). Hay también cultivares utilizados en jardinería como plantas tapizantes.

El diente de león (*Leontodon taraxacum* L.) es una *compositae* aprovechable por sus hojas, que aparece como planta silvestre en muchas zonas de nuestro país. Existen cultivares seleccionados que pueden cultivarse de forma regular procediéndose a consumir sus hojas blanqueadas o no, crudas en ensaladas o cocidas. Las cerrajas (*Sonchus* sp.) también han sido empleadas a través de hojas y tallos tiernos como verdura.

Existen muchas otras plantas que se cultivan en parcelas separadas o en multisiembras para cortar sus hojas y ser utilizadas principalmente en la 4ª gama o en bolsitas específicas. Las hojas de estas plantas junto con las de determinados cultivares de lechugas, escarolas o achicoria suelen incluirse en el producto conocido como *baby leaf*.

Algunas de ellas ya han sido tratadas anteriormente, como el eneldo, el perejil, algunas hortalizas orientales, etc., junto con otras como:

- Mejorana (*Majorana hortensis* Noench.). *Labiatae.*
- Albahaca (*Ocinum basilicum* L.). *Lamiaceae.*
- Comino (*Cuminum cyminum* L.). *Umbeliferae.*
- Perifollo (*Anthriscus cerefolium* (L) Hoffm). *Umbelliferae.*
- Collejas (*Silene inflate* Sm). *Coryophyllaceae*.
- Acedera (*Rumex acetosella* L.). *Polygonaceae.*

Figura 11. Planta de canónigo lista para su corte

La mayoría de estas plantas eran cultivadas antiguamente de forma más o menos regular y suelen aparecer como hortalizas en los textos de horticultura del s. XIX y algunos de mediados del s. XX (p. ej. Sali, 1980), aunque posteriormente, y sobre todo hasta finales de este último siglo, en que se difundió de nuevo en muchos casos su cultivo «a escala» para aplicaciones agroindustriales, solo se las recolectaba en estado silvestre.

2. Hortalizas de fruto y/o semilla

2.1. Fruto

2.1.1. *Physalis* y/o «alquequenjes»

Physalis peruviana L. es una solanácea oriunda del centro y sur de América, conocida en muchos países andinos como «uchuva», de aspecto intermedio entre el tomate y la patata, que se aprovecha por sus frutos globulosos de pequeño diámetro, aproximadamente entre 1 y 2 cm, de color amarillo o rojizo, recubiertos por un cáliz membranoso de tono ligeramente marrón amarillento, que forma como una especie de farolito, de ahí que a esta planta se la conozca a veces con el nombre de «farolito del Perú».

Es una planta herbácea plurianual que en su medio natural rastrea y que, como el tomate, puede cultivarse con tutores. Su aprovechamiento se hace en fresco (sus frutos recuerdan el sabor del melón), o en conservas.

Sus hojas son enteras, lanceoladas y con el borde ligeramente aserrado.

En estudios desarrollados por nuestro grupo de trabajo hemos constatado la gran variabilidad del material vegetal. Algunas accesiones conseguidas en la Comunidad Valenciana de *P. peruvianum*, se comportan como plurianuales, poseen un importante desarrollo vegetativo y el sabor de sus frutos recuerda el del tomate *cherry* con un elevado contenido en vitaminas A, B, C, caroteno, fósforo y hierro, y un peso medio de 2-5 g. Su cultivo está difundido en países latinoamericanos como Colombia, Ecuador, Perú, así como en Sudáfrica y Nueva Zelanda. Además de su consumo en fresco, sus frutos también se destinan a la elaboración de mermeladas y zumos.

Puede multiplicarse por semillas o esquejes y su ciclo de cultivo en España es similar al del tomate, por lo que para asegurar su producción desde mediados de otoño a mediados de primavera se hace necesario su cultivo bajo sistemas de forzado.

Nuestro equipo ha llevado a cabo numerosos trabajos, en esta especie sobre material vegetal, propagación, cuajado inducido, poda, ciclos de cultivo, extracciones, fisiopatías, etc.

Los rendimientos obtenidos dependen del cultivar, el ciclo de cultivo y la duración del mismo en buenas condiciones fitosanitarias, y en nuestros experimentos han variado entre 8 y 20 t/ha. Las extraciones medias para un rendimiento de unas 14 t/ha eran aproximadamente de 260 kg N, 30 kg de P_2O_5, 480 kg de K_2O, 75 kg CaO y 76 kg de MgO (Torres, 2010).

Comparte con el tomate la mayor parte de plagas y enfermedades y algunas fisiopatías (*cracking*, *blossom-end-rot*) (Martí *et al.*, 2003 a.; Torres, 2010; Torres *et al.*, 2014; 2015).

Existen otras especies del género *Physalis*, como *P. alkekengi* L., *P. angulata* L., *P. ixocarpa* Brot., etc., también conocidas como «alquequenjes».

Nuestro equipo también ha realizado diversos experimentos con distintos cultivares (*Rendidora, Chapingo*…) de *P. ixocarpa* Brot que eran anuales, de desarrollo determinado y con frutos de sabor menos dulce que los de *P. peruviana*, utilizados en Méjico para la elaboración de salsas y que se conocen como «tomatillos», con problemáticas de cultivo similares a las señaladas para P. peruviana (Martí *et al.*, 2003b).

Figura 12. Fruto de *Physalis peruviana*

2.1.2. Pepino dulce

El «pepino dulce», «pepino», «pepino morado», «melón-pera», etc., es una solanácea cuyo nombre científico es *Solanum muricatum* Ait., conocida y cultivada en América Central y América del Sur a través de sus frutos, que se consumen en fresco como postre, ensalada o en determinadas combinaciones culinarias (p. ej., con jamón). El sabor de sus frutos recuerda el del melón, por lo que puede utilizarse como postre, si bien algunos cultivares poseen un sabor menos dulce y son más adecuados en ensaladas.

Durante más de 10 años hemos trabajado en el manejo fitotécnico de esta planta en aras a la diversificación hortícola en colaboración con diversos agentes comerciales, sin que su comercialización haya resultado por el momento demasiado positiva.

Las plantas de pepino dulce poseen un sistema radicular abundante y muy ramificado. La planta es de consistencia herbácea y semiarbustiva, con tallos muy ramificados y con tendencia a rastrear en la base de los mismos como consecuencia de la acción mecánica de su peso. En tal caso aparecen raíces adventicias en los nudos basales.

Las hojas son lanceoladas y apuntadas en el extremo, parecidas al pimiento, pero con una ramificación lateral mucho mayor.

Los frutos son bayas ovoides o alargadas, de tamaño variable entre 5 y 10 cm, con la piel ligeramente verdosa al principio y en la madurez de color crema con veteados de color púrpura, más o menos extensos. La carne es de color verde-amarillento, ácida y ligeramente dulce.

El intervalo térmico más adecuado para su crecimiento parece situarse entre 15 y 30 °C.

Las heladas dañan ostensiblemente la planta en su parte aérea, aunque si no son excesivamente intensas puede rebrotar.

Las bajas temperaturas (como media por debajo de 10-12 °C) pueden afectar, como en otras solanáceas hortícolas (tomate, pimiento, berenjena), el desarrollo de los frutos.

Con higrometrías moderadamente elevadas (60-80 %) parecen obtenerse los mejores resultados productivos.

Los vientos cálidos secos pueden dañar al desarrollo vegetativo de esta planta.

Las temperaturas excesivamente elevadas pueden inducir aborto o inhibición de la floración y menor contenido en azúcares en los frutos cosechados.

En experimentos efectuados por nuestro equipo de trabajo no hemos encontrado, con las líneas utilizadas, grandes dificultades en la multiplicación a través de sus semillas (Maroto *et al.*, 1997).

A pesar de todo, lo que nos ha resultado más conveniente ha sido propagar la planta vegetativamente a través de esquejes o estacas herbáceas enraizadas, técnica para la que no hemos tenido problemas especiales.

En función de caracteres diversos, entre los que se cuentan los ya señalados, existen cultivares establecidos de *S. muricatum* como 'El Camino', 'Comeraya', 'Suma', 'Lincoln Gold', etc. También existen líneas cultivadas procedentes de la hibridación de *S. muricatum* x *S. capirense,* como 'Miski'.

Existe una gran variabilidad en el comportamiento productivo de cultivares, clones y líneas, que por otra parte suelen adolecer de una deficiente tipificación. En sendos experimentos con 9 clones procedentes de Chile, además de diferencias morfológicas y organolépticas en frutos, constatamos amplias diferencias en precocidad y rendimiento (entre 2,3 y 5,6 kg/planta) (Maroto *et al.*, 1997).

En climatologías sin frío invernal pueden hacerse plantaciones a lo largo de todo el año. En zonas templadas se toman esquejes o estacas a principios del invierno, que se mantienen en viveros protegidos hasta que pasado el riesgo de heladas, en primavera, se procede a realizar la plantación. En este último ciclo la recolección se escalona desde principios del verano hasta mediados del otoño, cuando las plantas quedan paralizadas y/o destruidas por acción de las bajas temperaturas. En climatologías tropicales o subtropicales puede haber producciones a lo largo de todo el año. Para conseguir cosechas invernales-primaverales bajo invernadero, en el área mediterránea española, aconsejamos enraizamiento de esquejes a finales de primavera y transplantes a principios-mediados del verano (Maroto y López-Galarza, 1992).

Los marcos de plantación más usuales se asemejan a los practicados para el tomate o la berenjena, dejando entre líneas 0,8-1 m y entre plantas 25-50 cm, si bien en algunos casos esta última distancia se alarga a 1 m.

En cualquier caso, como ocurre con el tomate, hay una interacción entre marco de plantación y tipo de poda practicada, según que se pode la planta a una o varias guías. En nuestros trabajos hemos podido comprobar un buen comportamiento productivo, con marcos estrechos, dejando 2-4 brazos/planta (Maroto *et al.*, 1997).

Para evitar que el ramaje rastree y que los frutos estén en contacto con el suelo es conveniente proceder al entutorado de las plantas, operación que puede realizarse, como en el tomate, con cañas, cuerdas, etc.

Aunque es una planta exigente en agua, en algunos trabajos se señala que un exceso de riego en la floración puede inducir el aborto floral. En nuestros experimentos hemos manejado indistintamente el cultivo con riego a manta, el riego localizado y el cultivo sin suelo, con resultados productivos interesantes, sobre todo para este último sistema (Fresquet, 2000).

El pepino dulce es una especie que, aunque puede florecer intensamente, presenta, sobre todo en climatologías templadas, grandes problemas de cuajado y fructificación.

En nuestros experimentos en el litoral valenciano, con enraizamiento de esquejes en verano, hemos constatado que la floración puede iniciarse, en cultivo protegido, a partir del otoño, pero el cuajado de los frutos es muy bajo, su desarrollo muy lento y hasta finales de la primavera, en condiciones naturales, difícilmente se inicia normalmente la recolección. Hemos podido constatar respuestas productivas mucho más precoces en cultivo bajo invernadero, con

aplicación de auxinas de síntesis. La aplicación de etefón sobre frutos en planta adelanta, de forma notable, la entrada en madurez.

Figura 13. Pepino dulce

Fresquet (2000) para una cosecha de 50 t/ha estableció las extracciones en cultivo hidropónico en 267 kg de N, 28 kg de P y 376 kg de K, así como la evolución de la absorción y distribución de nutrientes en plantas manejadas en cultivo hidropónico (Fresquet *et al.*, 2001).

Los rendimientos que se dan para esta especie varían entre 25 y 50 t/ha. El tamaño medio de los frutos obtenidos en nuestras experiencias varió entre 150 y 200 g, con un contenido medio de azúcares en la madurez de 6,6 a 9 ºBrix, en cultivares para postre, que pensamos que serían los más adecuados para su producción y comercialización desde España.

Las temperaturas de conservación demasiado bajas pueden provocar manchas en los frutos, mientras que a temperaturas moderadamente bajas (aproximadamente 5 °C) la conservación es buena.

Entre los agentes climáticos, las heladas y la acción de vientos intensos resultan muy negativos para el desarrollo del cultivo. Las temperaturas excesivamente elevadas inhiben la floración y, en frutos cuajados, pueden inducir un cierto tipo de podredumbre apical seca, menos manifiesto que en tomate o pimiento.

Con una conducción similar a la del tomate hemos constatado muy buenos resultados productivos en cultivo hidropónico, sobre lana de roca, turba o fibra de coco (Fresquet, 2000).

Comparte con el tomate la mayoría de enemigos vivos y fisiopatías.

2.1.3. Okra

La okra, gumbo o quimbombo, es una planta herbácea perteneciente a la familia *Malvaceae,* cuyo nombre científico es el de *Hibiscus esculentus* L. o la sinonimia *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. Su origen parece ser que hay que situarlo en África tropical, y su domesticación podría ser antiquísima, a cargo de los antiguos egipcios. Se trata de un cultivo desarrollado ampliamente en algunos países antillanos, asiáticos y africanos y su infrutescencia es muy apreciada por las poblaciones de color de determinados países como Estados Unidos, Reino Unido, etc. En la Comunidad Valenciana, y durante la segunda mitad de la década de 1970, tenemos noticias de que fue cultivada para su exportación al Reino Unido, aunque con resultados comerciales poco satisfactorios.

Es una planta herbácea anual y erecta, con tallos ramificados, que pueden alcanzar en algunos cultivares hasta cerca de 2 m de altura, de color verde con tintes rojizos. Las hojas son palmeadolobuladas. Las flores son axilares y solitarias. Los frutos son cápsulas alargadas y terminadas en pico –recuerdan en cierta manera a los pimientos– de 10-30 cm de longitud y 2-3 cm de anchura.

Estos frutos son asurcados y poseen dehiscencia longitudinal una vez que están maduros. Las semillas son redondeadas, de unos 5 mm de diámetro, de color oscuro y rodeadas de pequeños tubérculos.

El fruto verde tierno es consumido hervido o frito, hecho rebanadas. También se procesa congelado o desecado. En su interior existe una sustancia mucilaginosa, que es empleada para la confección de determinadas sopas antillanas. De sus semillas puede extraerse hasta un 20 % de aceite comestible.

Aunque es una planta sin excesivas exigencias en un determinado tipo de suelo, vegeta mejor en terrenos arcillosos, bien provistos de materia orgánica.

En lo concerniente a clima, hay que decir que es una planta adaptada a climatologías tropicales, que no resiste en absoluto las bajas temperaturas. La germinación en condiciones térmicas desfavorables es muy lenta.

Los cultivares de okra se clasifican, principalmente, en función del tamaño de la planta y de la forma y color de los frutos. Las variedades de porte más bajo cubren su ciclo de desarrollo más rápidamente que las variedades de mayor envergadura. En general, y en condiciones climáticas favorables, la recolección se inicia una vez que hayan transcurrido entre 50 y 80 días tras la siembra, prolongándose aquella durante unos dos meses. Como es natural, la siembra debe hacerse en una época libre de heladas.

Las variedades más cultivadas en el mundo son: 'Emerald', 'Clemson', 'Spineless', 'Perkins Spineless', 'Dwarf Long Pod Green', 'Lady Finger', 'White Velvet', 'Jade', 'Prelude', etc.

La siembra se hace a golpes, dejando entre líneas entre 0,9 y 1,2 m, mientras que los golpes se separan unos 30-40 cm, viniéndose a utilizar por ha unos 4-8 kg de semilla.

Los rendimientos que se obtienen pueden cifrarse entre 9 y 13 t/ha. Las condiciones óptimas de conservación son 7-10 °C y 90-95 % de humedad relativa.

En África suele cultivarse asociada a otros cultivos. Entre sus enemigos cabe citar numerosos artrópodos (*Earias, Amrasca, Aphis, Bemisia, Tetranychus*); nematodos (*Meloidogyne* sp.); hongos (*Verticillium, Fusarium, Rhizoctonia, Erysiphe, Macrophomina*); y virus como OMV (*Okra Mosic Virus*), transmitido por coleópteros del grupo *Podagrica* y OLCV (*Okra Leaf Curl Virus*); transmitido por *Bemisia tabaco* (Maroto, 2002).

Figura 14. Okra

2.2. Maíz dulce

El maíz dulce pertenece a la familia *Graminae,* tribu de las *Maydeas,* y su nombre científico es el de *Zea mays* L., variedad *rugosa,* Bonaf (sin. variedad *saccharata* Bailey), es decir, que pertenece a la misma especie botánica que el maíz común, difiriendo de este, principalmente, en que sus granos, cuando están en la fase lechosa, son muy ricos en azúcar, debido a que esta variedad botánica posee en su genotipo un gen recesivo (su) en homocigosis, respon-

sable de este carácter azucarado. En su fase seca, los granos están arrugados y son translúcidos.

Planta anual, con raíces fasciculadas, de tres tipos: seminales, permanentes y adventicias. El tallo es erecto, en general el porte del mismo es algo más bajo que el que poseen las variedades de maíz común. Las hojas son alternas, abrazadoras, largas y paralelinervias. Plantas monoicas, con inflorescencias masculinas en panículas de posición terminal e inflorescencias femeninas que darán posteriormente lugar a la infrutescencia en mazorca o panoja –nombres con los que también se denominan las inflorescencias en espádice– envuelta por sendas brácteas e inserta al tallo principal por un raquis.

El maíz dulce es poco cultivado en España, aunque anualmente y desde principios de la década de 1970, en el área litoral valenciana, se exportan pequeñas cantidades en fresco con destino a diversos países europeos, principalmente al Reino Unido producidas en las áreas mediterráneas españolas. También existen plantaciones normalmente ubicadas en regiones interiores de la península (Castilla-La Mancha, Valle del Ebro…), expresamente destinadas a la industria.

Se consume en fresco, en conserva y en congelados. Una forma muy frecuente de utilización consiste en hervir sus mazorcas y comérselas con mantequilla. A veces los granos de maíz dulce en conserva, se consumen con otras guarniciones, en platos combinados.

Es una planta muy cultivada en Estados Unidos, país en el que se explotan grandes extensiones de la misma.

Desde un punto de vista global, el maíz dulce es ligeramente más exigente en temperatura y humedad que el maíz normal.

Necesita para germinar una temperatura mínima cercana a los 13 °C. Temperaturas por encima de los 35 °C, así como vientos secos, pueden causar polinización deficitaria y si estas circunstancias coinciden con la época de recolección los granos, pierden rápidamente el azúcar, lo cual repercute negativamente en su valor comercial.

En cuanto a suelos, se adapta mejor a texturas de tipo medio, con un buen contenido en materia orgánica.

La mayor parte de las variedades cultivadas de maíz dulce son híbridos, obtenidos en Estados Unidos, que se clasifican principalmente en función de su precocidad, por lo que puede establecerse la siguiente agrupación:

- Variedades muy precoces (cubren su ciclo de desarrollo en buenas condiciones de cultivo, en menos de 75 días):
    - De grano blanco: 'Marcross'.
    - De grano amarillo: 'Butterfingers', 'Goldcrest', 'Aztec', 'Comanche', 'Early King'.
- Variedades precoces (cubren su ciclo entre 75 y 85 días):
    - De grano blanco: 'Comet', 'Snowbelle', 'White Knight'.
    - De grano amarillo: 'Golden Bantam', 'Apache', 'Cherokee', 'Merit', 'Midway', 'Salute', 'Bonanza', 'Calico', 'Guardian', 'Candy Bar', 'Bonanza', 'Arrestor', 'Renat'.
- Variedades semiprecoces (cubren su ciclo en más de 85 días):
    - De grano blanco: 'Stowell's Evergreen hybrid'.
    - De grano amarillo: 'Iobelle', 'Valley', 'lochief', 'Tracer', 'Wombat', etc.

Desde la década de 1980 se han realizado grandes esfuerzos para la obtención de variedades que sean más dulces y tiernas. En tal sentido se han identificado algunos genes, como «shrunken» (sh2), «brittle» (bt), «dull» (du), «sugar enhanced» (se), etc., que se incorporan al material vegetal en los programas de mejora genética para conseguir tales fines (Ordás *et. al.*, 2005). La mayoría de los cultivares superdulces existentes actualmente en el mercado son de grano amarillo, de ciclo precoz o semiprecoz y entre otros pueden citarse:

- Muy precoces: 'Swift', 'Earlybird', 'Prelude'.
- Precoces: 'Challenger', 'Segovia', 'Sevilla', 'Mainstay', 'Conqueror'.

Brittain (1988), en función de las características genotípicas, estableció cuatro tipos varietales de maíz dulce:

- Tipo normal azucarado, que poseen el gen «su» en homocigosis.
- Tipo superdulce, cultivares que poseen los genes (sh2), por lo que contienen el doble del contenido en sacarosa que los tipos normalmente azucarados.

- Híbridos de gen dulce, obtenidos por cruzamiento entre los dos tipos anteriores. Su contenido en sacarosa es inferior al 75 % del que poseen los tipos superdulces.
- Híbridos dulces intensificados, que pueden ser de dos subtipos: unos con el gen «sugary enhanced» (se) en homocigosis, que induce un mayor contenido en azúcares totales y una mayor proporción en maltosa; otros, que engloban los cultivares que poseen el gen (se) en heterocigosis y que vienen a resultar parecidos a los híbridos de gen dulce.

La preparación del terreno debe hacerse cuidadosamente, evitando que se formen costras en la superficie del suelo que puedan perjudicar la nascencia de la planta de maíz.

Una fórmula de fertilización por ha de tipo medio para el maíz dulce puede ser la siguiente: 150-200 UF de N, 60-120 UF de P_2O_5 y 110-240 UF de K_2O. El abonado nitrogenado debe fraccionarse en dos o tres aportaciones.

La siembra puede hacerse a golpes, en llano o en surcos, separando las líneas entre sí 0,7-0,9 m y dejando entre los golpes 20-25 cm, viniéndose a gastar unos 120 kg de semilla por ha. Esta operación, en el litoral mediterráneo español, suele efectuarse a partir del mes de abril. Todos los cultivares superdulces, y en particular los del tipo sh2, presentan muchos problemas de germinación y nascencia, que suelen atribuirse a un bajo vigor de las semillas. Con el fin de tratar de soslayar estos problemas, desde mediados de 1980 existen numerosas publicaciones en las que se abordan diversos aspectos que pueden tener influencia en esta problemática. Algunas de ellas, tratan de determinar el contenido óptimo en agua de las semillas para que la germinación sea mayor –los resultados varían de uno a otro experimento entre 0,25 y 0,7 g de agua/g peso fresco en el momento de la recolección–. En otros trabajos la mejora de la nascencia se trata de conseguir utilizando distintos métodos de presiembra, como el *priming*, la siembra sobre geles o la desinfección de las semillas con determinados productos (hipoclorito sódico, imidazol, tiram, etc.) (Parera y Cantliffe, 1992).

Como labores de cultivo que se dan normalmente hay que citar los aporcados, el deshijado y las escardas. En este último sentido, y con las debidas precauciones, pueden ser utilizados los mismos herbicidas que habitualmente se emplean en el cultivo del maíz normal.

A lo largo de su ciclo, el maíz dulce debe regarse con bastante asiduidad, sobre todo en zonas de primaveras y veranos secos, como son las propias del litoral mediterráneo español. Braunworth y Mack (1989) estudiaron en maíz dulce las relaciones entre agua y producción, calculando diversos parámetros. La eficacia máxima de uso del agua, estimada como producción de mazorcas sin espatas, se obtuvo para valores de la ET (evapotranspiración) de 407 a 418 mm, que se correspondía en ese momento con una dosis de riego de 313 mm de agua, si bien el máximo rendimiento en mazorcas se conseguía con una aportación en el riego de 450 a 518 mm de agua. Sin irrigación de ningún tipo, y en el suelo y lugar de la experiencia (Haploxeroles de Oregón-USA), se obtenía una producción del 44 % del rendimiento máximo. Nuestro equipo de trabajo estudió la hipotética influencia de la dosis de riego sobre la incidencia de la fisiopatía conocida como «desecación de puntas de mazorcas», conjuntamente con otros factores, como la fecha de siembra y la aplicación de un antitranspirante. Con la dosis más elevada de riego (1,4 ETc), la incidencia de este desorden era sensiblemente menor que con la dosis de riego más baja (0,6 ETc). La fecha de siembra también podía tener una cierta influencia en el desorden, en función del régimen de temperaturas existentes en la formación de los granos. La aplicación de un antitranspirante (pinolene) no reducía la incidencia de las desecaciones (Maroto *et al.*, 1993). Existen modelos predictivos para la cosecha de maíz dulce y su calidad, en los que además de diversos factores climáticos (sobre todo la temperatura) se incluyen la densidad de plantación y la fertilización nitrogenada (Lizaso *et al.*, 2007).

La recolección debe hacerse cuando los granos de las mazorcas están totalmente desarrollados; deben mostrar un aspecto brillante y si se pinchan, exudan un líquido lechoso denso. Las variedades de color amarillo pueden recolectarse a partir del instante en que los granos del extremo superior de las mazorcas adquieren un tono perlado, mientras que los del resto de la infrutescencia, poseen ya el color amarillo.

La recolección puede hacerse manualmente o a máquina, con cosechadoras que recolectan mazorcas enteras recubiertas por las espatas.

De cada planta pueden obtenerse entre una y dos mazorcas. El peso de una mazorca, como cifra media, puede variar entre 200 y 350 g.

Una vez recolectadas las mazorcas, a la mayor brevedad posible deben preenfriarse, generalmente con *hidrocooling*.

En la manipulación para fresco las mazorcas son desprovistas de sus envolturas foliares, de sus «barbas» y, en ocasiones, se recortan las puntas. Posteriormente se empaquetan en bandejas recubiertas por una lámina plástica, conteniendo cada bandeja generalmente dos unidades.

Figura 15. Maíz dulce

Las condiciones de conservación son 0 °C y 85-90 % de humedad relativa.

Los cultivares superdulces se conservan mejor que los dulces normales tras un período de almacenamiento frigorífico, puesto que con un mayor nivel de azúcares, retienen contenidos más elevados en agua, si bien su textura resulta menos cremosa que la que poseen los normales con el gen «su» (Bonte y Juvik, 1990).

Los principales problemas de este cultivo en el litoral mediterráneo español son (Maroto, 2002):

- El viento cálido y seco, que puede desecar las puntas de las mazorcas.
- Entre las plagas hay que citar: la mosca de los sembrados *(Phorbia platura Meigen),* los gusanos grises *(Agrotis* sp.), los gusanos minadores del maíz *(Sesamia nonagrioides* Lef. y *Pyrausta nubilalis* Hb.); la oruga del tomate *(Heliothis armigera* Hb.), que penetra a través de las

«barbas», causando graves daños a la mazorca; los áfidos y, finalmente, los ácaros, como la «araña roja».

- Entre las enfermedades, pueden citarse: el carbón [*Ustilago maydis* (D. C.)], la helmintosporiosis (*Helminthosporium turcicum* Passerini) y la roya *(Puccinia sorghi* Schw.).

Referencias bibliográficas

Baixauli, C. y FCRV. (2000): «Cultivo y nuevo calendario de producción de hinojo»; *Agrícola Vergel, Supl. Agroecológica* (225); pp. 7-8.

Bonte, D. R. y Juvik, J. A. (1990): «Characterization of sugary-l (su-l) sugary enhancer (se) kernels in segregating sweet corn populations»; *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(1); pp. 153-157.

Braunworth, W. S. y Mack, H. J. (1989): «Crop-Water Production Functions for Sweet Corn»; *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114(2); pp. 210-215.

Brittain, M. (1988): «The sweet taste of succes»; *Grower* 109(15); pp. 19-23.

Chaux, C. y Foury, C. L. (1994): «Productions légumières (II)»; *Agriculture d´Aujourd´hui*. París.

Font Quer, P. (1981): Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Barcelona. Labor. 7.ª edición.

Fresquet, J. L. (2000): *Estudios sobre nutrición, fertilización y otras técnicas agronómicas en el cultivo protegido del pepino dulce en el litoral valenciano*. En Maroto, J. V., dir.: Tesis doctoral. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, ETSIA.

Fresquet, J. L.; Pascual, B.; López-Galarza, S.; San Bautista, A.; Baixauli, C.; Gisbert, J. M. y Maroto, J. V. (2001): «Nutrient uptake of pepino plants in soiless cultivation»; *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 76(3); pp. 338-343.

Kang, J. Y.; Ibrahim, K. E.; Juvik, J. A. *et al.* (2006): «Genetic and Enviromental Variation of Glucosinolate Content Chinese Cabbage»; *Horticultural Science* 41(6); pp. 1382-1385.

Larkcom, J. (1991): *Oriental Vegetables. The Complete Guide for Garden and Kitchen*. Londres, John Murray Publi. Ltd.

Lizaso, J. I.; Boote, K. J.; Cherr, C. M.; Scholberg, J. M. S.; Casanova, J. J.; Judge, J.; Jones, J. W. y Hoogenboom, G. (2007): «Developing a Sweet Corn Simulation Model to Predict Fresh Market Yield and Quality of Ears»; *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132(3); pp. 415-422.

Loewenfeld, C. y Back, Ph. (1980): Guía de las plantas de especias. Barcelona, Editorial Omega.

Maroto, J. V. (1992): El cultivo de hortalizas orientales en España: una nueva posibilidad de diversificación en la horticultura española. *HF* (7/8); pp. 43-46.

Maroto, J. V. y López-Galarza, S. (1992): «El cultivo del pepino dulce. Análisis agronómico básico de sus posibilidades en la horticultura española»; *HF* (10); pp. 41-44.

Maroto, J. V.; López-Galarza, S.; Pascual, B.; San Bautista, A. y Bono, M. S. (1993): «Estudio de algunos factores de manejo agronómico que pueden incidir en la «desecación de puntas» de mazorcas del maíz dulce. II Congreso Ibérico SECH»; *Actas de Horticultura SECH* 10(II); pp. 1587-1591.

Maroto, J. V.; López, S.; San Bautista, A.; Alagarda, J.; Pascual, B.; Bono, M. S. y Rubio, M. C. (1996): «El cultivo forzado de eneldo»; *HortoInformación* (76/77); pp. 20-23.

Maroto, J. V.; López-Galarza, S.; Pascual, B.; Alagarda, J.; San Bautista, A.; Bono, M. S. y Rubio, M. C. (1996): «Comportamiento productivo bajo invernadero de cuatro hortalizas orientales «Pakchoi» (*Brassica chinensis* L.), «Gaychoi» o «Mostaza china» (*Brassica juncea* (L.) Czerniak), «Kailan» (*Brassica oleracea* L. var. a*lbogabra*) y «Choi-Sum» (*Brassica rapa* L. var. *Parachinensis*) en ciclos productivos de invierno-primavera»; *ITEA, extra* (17); pp. 278-285.

Maroto, J. V.; López, G. S. (dir. y coord.) *et al.* (1997): *Pepino dulce (*Solanum muricatum Ait*). Introducción a su cultivo y experimentos agronómicos realizados (1989-1995)*. Valencia, Generalitat Valenciana, CAPA.

Maroto, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid. Mundi-Prensa. 5ª edición.

Maroto, J. V.; López-Galarza, S.; Baixauli, C.; Giner, A. y Aguilar, J. M. (2003): «Variedades y modalidades de cultivo de mâche»; *Memoria de actividades 2002. Resultados de ensayos hortícolas*. Generalitat Valenciana, FRC; pp. 321-328.

Martí, E. C.; Maroto, J. V.; San Bautista, A.; López-Galarza, S.; Torres, J. F.; Palau, V.; Laza, P.; Alagarda, J. y Pascual, B. (2003a): «Ensayos sobre la influencia de distintos tipos de poda en los parámetros productivos y diversas fisiopatías del alquequenje (*Physalis peruviana* L.)»; *Agrícola Vergel* (261); pp. 448-455.

Martí, E. C.; Maroto, J. V.; López-Galarza, S.; San Bautista, A.; Rueda, R.; Torres, J. F.; Palau, V.; Laza, P.; Alagarda, J. y Pascual, B. (2003b): «Influencia de distintos marcos de plantación y dos dosis de un fitorregulador auxínico sobre los principales parámetros productivos y fisiopatías de un *cv* de tomatillo (*Phyalis ixocarpa* Brot. sin. *P. philadelphica* Lam.)»; *Agrícola Vergel* (262); pp. 512-517.

Molinas, M. y Durán, S. (1970): *Frigoconservación y manejo: frutas, flores y hortalizas*. Barcelona, Editorial Aedos.

Mortley, D. G.; Oh, J. H.; Johnson, D. S.; Bonsi, C. K. y Hill, W. A. (2012): «Influence of Harvest Intervals on Growth Responses and Fatty Acid Content of Purslane (Portulaca oleracea)»; *HortScience* 47(3); pp. 437-439.

Muñoz, F. (1987): «Plantas medicinales y aromáticas»; *Estudio, cultivo y procesado*. Madrid. Mundi-Prensa.

Nakamura, E. (1976): «Culture of Chinese Cabbage in Japan»; *multicopista*. Japón, Laboratorio de horticultura de Shiga.

Ordás, B.; Revilla, P.; Soengas, P.; Ordás, A. y Malvar, R. A. (2005): «Sugary enhancer» Inbreds to Improve the Quality of Sugary1 Hybrids of Sweet Corn»; *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130(1); pp. 68-74.

Parera, C. A. y Cantliffe, D. J. (1992): «Enhanced Emergence and Seedling Vigor in shrunken-2. Sweet Corn vía Seed Disinfection and Solid Matrix Priming»; *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(3); pp. 400-403.

Perón, J. Y. (1981): «Le Fenouil: Une production deficitaire en France à promovoir sous abris. Pép. Hort. et Mar»; *Revue Horticole* (217); pp. 21-40.

Peron, J. Y. (1983): «Légumes nouveaux et diversification des cultures légumières en zone septentrionale française»; *Pep. Hort. et Mar*. (223); pp. 15-33.

Prats, J. (1970): *La fertilisation raisonnée*. París, Ministerio de Agricultura. 2.ª edición.

Sarli, A. E. (1980): *Tratado de horticultura*. Buenos Aires. Hemisferio Sur. 2.ª edición.

Talekar, N. S. y Griggs, T. D., ed. (1981): «Chinese Cabbage. Proceedings of the First International Symposium»; *Asian Vegetable Research and Development Center*. Taiwan, Tainan.

Torres, J. F. (2010): *Estudio sobre el comportamiento productivo del alquequenje (Physalis peruviana L.) bajo invernadero, extracciones e influencia de diversas técnicas agronómicas sobre el mismo*. en Maroto, J. V., dir.: Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. ETSIA.

Torres, J. F.; Gromaz, A.; Bono, M. S.; Pascual, B.; San Bautista, A.; Alagarda, J.; López-Galarza, S. y Maroto, J. V. (2014): «Estudio de dos tipos de propagación en el cultivo de alquequenje o uchuva (*Physalis peruviana* L.)»; *Agrícola Vergel* (376); pp. 227-232.

Torres, J. F.; Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; Alagarda, J.; López Galarza, S.; Pascual, B. y Maroto, J. V. (2012): *Effects of soaking and gibberellic acid addition on seed germination and productive response to plant growth regulators on several parsley cultivars (*Petroselium sativum L.*)*. 28th International Horticultural Congress (ISHS 2010); pp. 161.

Torres, J.; Pascual-Seva, N.; San Bautista, A.; Pascual, B.; López-Galarza, S.; Alagarda, J. y Maroto, J. V. (2015): «Growth and Nutrient Absorption of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in Soilless Culture»; *Journal of Plant Nutrition* (38); pp. 485-496.

Tsunoda, S.; Hinata, K. y Gómez-Campo, C., ed. (1980): «Brassica Crops and wild allies. Biology and Breeding»; *Japan Scientific Societies Press*. Tokio.

Watt, B. K.; Merrill, A. L. *et al.* (1975): «Composition of Foods»; *Agricultural Handbook* (8). Washington, Departamento de Agricultura.