



11

Serie Agricultura

Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía

Juan Carlos Gázquez Garrido
(coordinador)

Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía

Serie **agricultura** [11]

Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía

Juan Carlos Gázquez Garrido
(coordinador)

El cultivo de la sandía

© 2014 del texto y las imágenes que se reproducen (excepto mención expresa): los autores

© 2014 de la edición: Cajamar Caja Rural

Edita: Cajamar Caja Rural

www.publicacionescajamar.es

publicaciones@cajamar.com

ISBN-13: 978-84-95531-70-4

Depósito Legal: AL-365-2010

Diseño y maquetación: Beatriz Martínez Belmonte

Fecha de publicación: Junio de 2015

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.

Introducción..... I 5*Juan Carlos Gázquez Garrido***Cultivo de sandía en suelo y en hidroponía..... I 7***Emilio Pérez López*

1. Introducción. Descripción botánica y biológica.....	17
2. Material vegetal. Épocas de cultivo	19
2.1. <i>Sandías diploides</i>	19
2.2. <i>Sandías triploides</i>	21
3. Exigencias en clima, suelo y agua.....	26
3.1. <i>Exigencias en clima</i>	26
3.2. <i>Exigencias en suelo</i>	27
3.3. <i>Exigencias en agua</i>	27
4. Manejo del cultivo de sandía	28
4.1. <i>Injerto en sandía</i>	28
4.2. <i>Densidades de plantación</i>	34
4.3. <i>Siembra y plantación</i>	35
4.4. <i>Tunelillos y acolchado</i>	37
4.5. <i>Podas y aclareo de frutos</i>	41
4.5.1. <i>Poda de formación</i>	41
4.5.2. <i>Poda de rebrote o regeneración</i>	42
4.5.3. <i>Aclareo de frutos</i>	42
4.6. <i>Binos y escardas</i>	42
4.7. <i>Polinización</i>	42
4.8. <i>Dar escoba o destapar frutos</i>	45
4.9. <i>Uso de fitorreguladores y bioestimulantes</i>	45
5. Fertirrigación.....	48
5.1. <i>Soluciones nutritivas</i>	48
5.2. <i>Necesidades hídricas</i>	50
5.3. <i>Necesidades nutritivas en cada fase de desarrollo del cultivo</i>	52
5.4. <i>Importancia de cada uno de los elementos nutritivos</i>	58
5.5. <i>Importancia de cada nutrición equilibrada</i>	60
5.6. <i>Cuadros orientativos sobre los niveles en hojas de sandía</i>	61
6. Fisiopatías	61
6.1. <i>Fisiopatías</i>	61
7. Recolección. Cuidados poscosecha. Mercados	63
8. Resumen del desarrollo de un cultivo de sandía en hidroponía y suelo.....	66
8.1. <i>Hidroponía</i>	66
8.2. <i>Suelo</i>	68
Referencias bibliográficas.....	72

Injertos y portainjertos en sandía 75*Alfredo Miguel Gómez*

1. Injerto	75
2. Métodos de injerto	76
2.1. <i>Injerto de aproximación</i>	77
2.2. <i>Injerto de púa en hendidura</i>	79
2.3. <i>Injerto de brote</i>	80
2.4. <i>Adosado</i>	80
2.5. <i>Doble adosado</i>	81
2.6. <i>Inserción</i>	83
2.7. <i>Inserción lateral</i>	84
2.8. <i>Dakitsugi</i>	84
2.9. <i>Circular</i>	85
3. Comparación de los métodos de injerto	86
4. Qué portainjertos se utilizan	87
5. Líneas de mejora de portainjertos	93
Referencias bibliográficas	96

Tendencias en las técnicas de injerto en cucurbitáceas 99*Fernando de la Torre Martínez*

1. Introducción	99
1.1. <i>Definición</i>	99
1.2. <i>Evolución</i>	100
1.3. <i>Tendencias de mercado</i>	100
2. Instalaciones	101
2.1. <i>Invernaderos</i>	102
2.2. <i>Maquinaria de siembra</i>	102
2.3. <i>Cámara de germinación</i>	102
2.4. <i>Cámara de cultivo</i>	102
2.5. <i>Taller de injertos</i>	103
2.6. <i>Túnel de prendimiento</i>	104
2.7. <i>Zona de aclimatación</i>	104
2.8. <i>Sistemas de tratamientos fitosanitarios</i>	105
2.9. <i>Climatización</i>	105
3. Materiales	105
3.1. <i>Substratos</i>	106
3.2. <i>Bandejas y fundas</i>	106
3.3. <i>Instrumentos de corte</i>	107
3.4. <i>Materiales de unión</i>	107
4. Portainjertos	108
4.1. <i>Condiciones de los patrones</i>	108
4.2. <i>Patrones de cucurbitáceas</i>	108

5. Calendario-programación de operaciones	109
5.1. Calendario orientativo en cucurbitáceas.....	110
6. Proceso de injertado	111
6.1. Proceso de unión.....	111
7. Injertos de cucurbitáceas.....	112
7.1. Tipos de injertos de cucurbitáceas.....	113
7.1.1. Injertos de aproximación.....	113
7.1.2. Injerto de cuña.....	114
7.1.3. Injerto de empalme o adosado	115
7.1.4. Injerto de perforación lateral.....	116
8. Mecanización de injertos	117
9. Labores de cultivo. Profilaxis	117
9.1. Profilaxis	118
10. Resumen	119
Referencias bibliográficas.....	119

Incidencia de ciertas labores culturales en la productividad de la sandía 121

Francisco Camacho Ferre

1. Introducción	121
2. La elección del material vegetal.....	121
3. Preparación del suelo, plantación y técnicas de semiforzado.....	124
4. La poda y el entutorado de la sandía.....	129
5. El cuaje de los frutos.....	131
5.1. Fisiología de la fecundación.....	131
5.2. Cuidados a las colmenas.....	133
5.3. El empleo de fitorreguladores	134
5.3.1. Auxinas.....	135
5.3.2. Giberelinas.....	136
5.3.3. Citoquininas.....	136
6. Experimentos de densidad de plantación (proyectos ONUDI en México) ...	137
6.1. Materiales y métodos.....	137
6.2. Resultados.....	139
6.3. Conclusiones	143
7. Experimentos entutorado temporal de la sandía (para la tesis doctoral de Javier Núñez.....	144
7.1. Materiales y métodos.....	144
7.2. Resultados.....	147
7.3. Conclusiones	152
8. Experimentos utilizando fitorreguladores (2,4 D y CPPU) para el desarrollo del ovario de sandía (para la tesis doctoral de María Victoria Huitrón) ...	152
8.1. Materiales y métodos.....	152
8.2. Resultados.....	154

8.3. Conclusiones	159
8.4. Análisis de residuos de forchlorfenuron (CPPU) en fruto de sandía	159
Referencias bibliográficas.....	160

Ensayo de cultivares de sandía triploide en invernadero 163

David Erick Meca Abad

1. Introducción	163
2. Ensayo de cultivares de sandía mini (<i>Citrullus lannatus Thunb.</i>) entutorada....	164
3. Ensayo de cultivares de sandía mini (<i>Citrullus lannatus Thunb.</i>) en invernadero bajo dos estrategias de fertilización	169
4. Ensayo de determinación de parámetros de calidad en sandía	171
4.1. Material y métodos	171
4.2. Resultados y discusión	173
5. Ensayo de cultivares de sandía mediana en invernadero	176
5.1. Material y métodos	176
5.2. Resultados y discusión	177
Referencias bibliográficas.....	178

Ensayos de polinización en sandía bajo plástico..... 181

Corpus Pérez Martínez

1. Introducción	181
2. Ensayos de polinización en sandía	183
2.1. Influencia de los plásticos antiplagas sobre <i>Apis mellifera</i>	183
2.2. Influencia de los plásticos antiplagas sobre <i>Bombus terrestris</i>	187
2.3. Evaluación de dos polinizadores naturales en un cultivo de sandía en invernadero	190
2.4. Optimización de plantas polinizadoras en sandía	192
Referencias bibliográficas.....	195

Técnicas de cultivo al aire libre y sandías sin pepitas..... 199

Salvador López Galarza, Alfredo Miguel y Carlos Baixauli Soria

1. Preparación del suelo	199
2. Ciclos de cultivo	201
3. Plantación	201
4. Embancado	204
5. Escardas	205
6. Polinización.....	206
7. Podas.....	209
8. Técnicas de semiforzado.....	209
8.1. Acolchado plástico	209
8.2. Túnel pequeño	209
8.3. Cubierta flotante	211

9. Recolección	213
10. Cultivo de sandía sin semillas	214
10.1. Polinización.....	214
10.2. Plantación	216
Referencias bibliográficas.....	218

La fertilización y el riego de la sandía al aire libre..... 219

*Fernando Pomares García, Carlos Baixauli, José Mariano Aguilar Olivert,
Francisco Tarazona Pascual y María Estela Solsona*

1. Fertilización.....	219
1.1. Fertilización nitrogenada.....	219
1.2. Fertilización fosforada	221
1.3. Fertilización potásica.....	221
2. Métodos de diagnóstico para determinar las necesidades nutritivas.....	221
2.1. Extracción de nutrientes por la planta.....	221
2.2. Análisis del suelo	223
2.3. Análisis del agua	225
2.4. Análisis foliar.....	226
3. Programas orientativos de fertilización.....	227
3.1. Cultivo con riego por inundación	228
4. Riego.....	229
4.1. La influencia del riego en la producción, la calidad y la eficiencia en el uso del agua	230
4.2. Necesidades de agua.....	231
4.3. Programa de riego	232
Referencias bibliográficas.....	234

Enfermedades de la sandía presentes o de riesgo en los invernaderos de Almería..... 237

María Antonia Elorrieta Jove

1. Introducción	237
2. Principales enfermedades bacterianas de la sandía.....	238
2.1. <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	238
2.2. <i>Xanthomonas cucurbitae</i>	240
2.3. <i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>citrulli</i>	240
2.4. <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	242
3. Principales enfermedades fúngicas de la sandía	243
3.1. Enfermedades aéreas	244
3.1.1. <i>Botrytis cinerea</i>	244
3.1.2. <i>Pseudoperonospora cubensis</i>	245
3.1.3. <i>Podosphaera xanthii</i>	247
3.1.4. <i>Didymella bryoniae</i>	248

3.2. Enfermedades vasculares	250
3.2.1. <i>Fusarium oxysporum</i> f. s. <i>niveum</i>	250
3.3. Enfermedades radiculares	252
3.3.1. <i>Pythium</i> spp.	252
3.3.2. <i>Phytophthora</i> spp. (<i>P. capsici</i>)	252
3.3.3. <i>Rhizoctonia solani</i>	252
3.3.4. <i>Oplidium bornavanus</i>	253
4. Principales enfermedades víricas de la sandía	253
4.1. Virus transmitidos por contacto	254
4.1.1. Virus del mosaico moteado verde del pepino (CGMMV, <i>Cucumber Green Mottle Mosaic Virus</i>).....	254
4.2. Virus transmitidos por mosca blanca	257
4.2.1. Virus del amarillo y enanismo del pepino (CYSDV, <i>Cucurbit yellow stunting virus</i>)	257
4.2.2. Virus de las venas amarillas del pepino (CVYV, <i>cucumber vein yellowing virus</i>).....	259
4.3. Virus transmitidos por pulgones	260
4.3.1. <i>Potivirus</i> y <i>Cucumovirus</i>	260
4.3.2. Virus del amarillo de las cucurbitáceas transmitido por pulgones (CABYV, <i>Cucurbit aphid-borne yellows virus</i>)	263
4.4. Virus transmitidos por coleópteros y semilla: <i>SqMV</i> (<i>virus del mosaico de la calabaza</i>).....	263
4.5. Virus transmitidos por vectores del suelo: <i>MNSV</i> (<i>virus del cribado o del moteado necrótico del melón</i>)	264
5. Control de las enfermedades.....	266
5.1. Control de enfermedades transmitidas por contacto, manipulado o suelo...	266
5.2. Control de enfermedades que afectan al sistema radicular.....	269
5.3. Control de enfermedades transmitidas por vía aérea.....	270
5.4. Control de enfermedades transmitidas por vectores aéreos.....	271
Referencias bibliográficas.....	272

Aplicación para la medición online mediante tecnología NIR del grado de maduración en sandía basado en la medición del °Brix y color interno. Método no destructivo

Agustín López Pedrosa

1. Introducción	273
1.1. Información útil.....	274
1.2. Versátil	274
2. ¿Cómo funciona la clasificación por °Brix y color mediante NIR?	274
2.1. Beneficiarios.....	275
2.2. Ventajas	275

3. Evaluación de la respuesta espectral de distintas variedades de sandía analizadas en diferentes instrumentos.....276
4. Viabilidad de uso de la tecnología NIR para predicción de parámetros de calidad en sandía (°Brix y color interno).....278
5. Selección del equipo más adecuado para su implementación en rutina287

Comercio internacional de la sandía..... 291

Juan Carlos Pérez Mesa

1. Introducción291
 - 1.1. *Evolución del origen Almería en las últimas campañas*291
 - 1.2. *Breve referencia al impacto de la crisis del Escherichia coli-2011*293
2. orígenes del producto vendido en la Unión Europea.....295
3. Flujos comerciales298
4. Conclusiones.....299
- Referencias bibliográficas.....300

AGF: modelo de negocio innovador en el sector agroalimentario.... 301

Crisanto Ampuero y José Cárdenas Padilla

1. Creación de una marca Premium: marca fashion301
 - 1.1. *¿Por qué nace sandía marca fashion?*.....302
 - 1.2. *Primera etapa. Especialización de la producción*.....302
 - 1.3. *Creación de AGF*.....302
 - 1.4. *Fase de coordinación*.....303
2. Crecimiento AGF.....305
3. Notoriedad.....306
4. Cambios en el consumidor europeo.....307
 - 4.1. *Hábitos de consumo*.....307
 - 4.2. *Incremento de consumo*.....308
5. Las ventajas comerciales de la marca fashion309
6. Las claves del éxito en la marca fashion310
7. Especialización312
 - 7.1. *Reglamentos propios de calidad*.....312
 - 7.2. *Planificación, previsión y control de la producción en tiempo real*312
 - 7.3. *Plan global planificación - PGP*313
 - 7.4. *Auditoria externa*314
8. Servicio314
9. Innovación en producto y concepto.....316
10. Conclusiones.....318
- Agradecimiento319

El programa de sandía Bouquet 321

Ángel del Pino Gracia

1. Introducción	321
1.1. Anecoop	321
1.2. El programa de sandías Bouquet.....	322
2. Situación actual del programa de sandías Bouquet.....	322
3. Claves de éxito del programa Bouquet.....	324
3.1. Experimentación: departamento de producción y desarrollo	325
3.2. Gestión integral de la calidad	327
3.3. Integración de esfuerzos en la producción.....	328
3.4. Acciones de comercialización y marketing.....	330
4. Retos futuros	331

Introducción

Juan Carlos Gázquez Garrido

Estación Experimental de Cajamar ‘Las Palmerillas’

Este documento ha tratado de recoger los aspectos más destacados de uno de los cultivos hortícolas más importantes, no solo de la geografía española sino de la mundial, la sandía. Y tiene por objeto realizar una revisión de las técnicas de cultivo más innovadoras. Para ello, en él se describen las últimas y más novedosas tendencias en procesos tales como el injerto, o en los materiales vegetales utilizados actualmente. Se describe el manejo del cultivo tanto en invernadero como al aire libre, la incidencia de ciertas labores culturales en la productividad de la sandía, fertilización, polinización, los cultivares empleados, enfermedades e incluso se repasan los modelos de comercialización más exitosos.

Para la elaboración de los diferentes capítulos se ha contado con los mejores especialistas en cada cuestión, siendo por tanto profesionales con reconocimiento tanto nacional como internacional, y en su selección ha primado más la aptitud profesional que la académica en la mayoría de los casos.

El germen de este manual fue un Seminario Técnico Agronómico sobre el “Cultivo de la sandía” organizado por Cajamar Caja Rural y Coexphal, donde intervinieron los autores de esta publicación. Y aunque somos conscientes de que hay aspectos en los que no ha sido posible profundizar, pensamos que esta monografía aglutina de una forma sencilla y directa una amplia revisión del conocimiento sobre el cultivo de la sandía, y será una herramienta muy útil para todos los que tengan alguna relación con este fruto.

Cajamar Caja Rural y su fundación muestran una vez más su compromiso con el campo español y con la innovación y la transferencia del conocimiento en agronomía, guiadas con el objetivo de lograr una agricultura española cada día más sostenible desde las perspectivas ambiental, social y económica.

Cultivo de sandía en suelo e hidroponía*

Emilio Pérez López

S. Coop. And. COPROHNIJAR

1. Introducción. Descripción botánica y biológica¹

Familia: Cucurbitáceas

Género: *Citrullus*

Especie: *lanatus*

Algunos botánicos sitúan su origen hace unos 5.000 años en Egipto. Desde aquí se extendió al resto del Mediterráneo, por las semillas que se vendieron a griegos y romanos (Ferre *et al.*, 2000). A pesar de esto, su origen más importante pudo estar en África tropical y subtropical, de donde se introdujo a Estados Unidos en las embarcaciones que transportaban esclavos (John Egerton, 1987). La sandía es un cultivo extendido prácticamente por todo el mundo, conociéndose desde hace cientos de años en toda América, donde también se piensa que fuera implantada por los españoles, que también la llevaron por todos los países de Asia. En Europa, sin embargo, su área de difusión ha sido casi exclusivamente mediterránea. Italia, Grecia y España son países productores, siendo desconocida hasta hace poco en Francia y Europa Central y del Norte. Ya no lo es, gracias a la exportación de países productores, fundamentalmente España. La producción española, ha pasado de ser prácticamente para consumo interno a exportarse casi el 50 %, lo que ha convertido a la sandía en un producto habitual en los mercados europeos, en ciertas épocas del año.

Es una planta cuyos frutos son consumidos casi exclusivamente en fresco, considerándose en ciertas zonas más como una reserva de agua que como un alimento propiamente dicho. Sin embargo, sus características no son nada desdeñables, tratándose de un delicioso refresco con un alto contenido en licopeno (antioxidante que reduce el riesgo de cáncer y afecciones cardíacas), vitamina A y muy pocas calorías, tan solo unas 26 cal/100 g.

¹ Este material se trata de una reelaboración de un material docente previo de un máster en nutrición vegetal de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Figura 1. Sandías



Figura 2a. Flor masculina



Figura 2b. Flor femenina



Fuente: ilustraciones de A. J. Céspedes.

2. Material vegetal. Épocas de cultivo

Los principales criterios a la hora de seleccionar los diferentes materiales vegetales son:

- Características de la variedad: fruto, vigor de la planta, resistencia a enfermedades.
- Ciclos de cultivo.
- Exigencias de los mercados.

Asimismo, vamos a clasificar las sandías en dos grupos fundamentales:

- *Diploides* o sandías con semillas.
- *Triploides* o sandías que se caracterizan por no producir semillas viables.

Atendiendo a estos criterios se va a hacer mención de las variedades más destacadas en nuestro entorno comercial:

2.1. Sandías *diploides*

En este grupo se engloban todas las variedades tradicionales, bien sean lisas o rayadas, las cuales producen semillas perfectamente formadas. Estas a su vez las separaremos en:

Sandías de pulpa roja y piel negra

Figura 3a. Sandía de piel negra



Figura 3b. Sandía de pulpa roja



Variedades comerciales destacadas: Alzira F₁ (Syngenta Seeds), Azabache F₁ (Intersemillas), Bambi (Akira Seeds), Baronesa Rz F₁ (Rijk Zwaan), Blak Star (Akira Seeds), Fiera (Zeta Seeds), Kamen (Seminis), Pata Negra F₁ (Seminis), Red Comet F₁ (Nunhems), Sevilla Rz F₁ (Rijk Zwaan), Sweet Marvel F₁ (Syngenta Seeds), Toro F₁ (Semillas Fitó).

Sandías de pulpa roja y piel rayada

Variedades comerciales destacadas: Crimson Sweet (Seminis), Crisby F₁ (Zeraim), Cristal F₁ (Sakata).

Figura 4. Sandía de pulpa roja y piel rayada



Sandías con microsemillas de pulpa roja y piel negra

Variedades comerciales destacadas: Miniazabache F₁ (Intersemillas), Mini F₁ (Intersemillas).

Sandías con microsemillas de pulpa roja y piel rayada

Variedades comerciales destacadas: Jenny F₁ (Nunhems), Premium F₁ (Nunhems).

Sandías de pulpa amarilla y piel lisa

Variedades comerciales destacadas: Sorpresa F₁ (Intersemillas).

Sandías de pulpa amarilla y piel rayada

Variedades comerciales destacadas: Ángela F₁ (Intersemillas).

Portainjertos

Variedades comerciales destacadas: Robusta F₁. Híbrido de sandía desarrollado para su empleo como portainjertos. Planta muy vigorosa. Destaca por su escasa influencia sobre la calidad del fruto no modificando las características propias de la variedad (intersemillas).

Polinizadores desechables

Empieza a existir cierta tendencia al uso de polinizadores, variedades con altas producciones de flores machos durante todo el ciclo de cultivo, para la polinización de las variedades triploides. Los frutos de estas variedades no suelen ser aprovechados comercialmente, y permiten aumentar el número de plantas triploides por Ha. Este manejo para posteriormente desechar el polinizador puede realizarse también con cualquiera de las variedades diploides.

Variedades comerciales destacadas: Polenta (Zeta Seeds), SP4 (Syngenta Seeds).

2.2. Sandías triploides

Estas sandías, también denominadas apirenas, se diferencian fundamentalmente de las tradicionales por no producir semillas viables, ya que dejan de crecer tras iniciar el desarrollo quedándose de color blanco y tiernas, de forma que al comer el fruto no se nota su presencia, facilitando así el consumo incluso para los más pequeños. Entre ellas se distinguen:

Sandías de pulpa roja y piel rayada con calibre grande

Figura 5a. Sandía de pulpa roja



Figura 5b. Sandía de piel rayada con calibre grande



Variedades comerciales destacadas: Akiles (Akira Seeds), Babba F₁ (Seminis), Bengala F1 (Nunhems), Boston F₁ (Nunhems), Deluxe F₁ (Nunhems), Londres (Zeta Seeds), Mariola F₁ (Ramiro Arnedo), Merisin F₁ (Semillas Fitó), Motril F₁ (Zeraim), Ortal (Hazera), Reina De Corazones F₁ (Seminis), Reina Linda F₁ (Intersemillas), Regus F₁ (Sakata) Rubita (Akira Seeds), Zarina Rz F₁ (Rijk Zwaan).

Sandías de pulpa roja y piel rayada con calibre mediano

Variedades comerciales destacadas: Berta (Seminis), Bonny F₁ (Nunhems), C-Zero F₁ (Syngenta Seeds), Linda F₁ (Intersemillas), Paula F₁ (Syngenta Seeds), Romalinda (Seminis), Summer Bite F₁ (Zeraim), Texanita (Akira Seeds).

Sandías de pulpa roja y piel rayada con calibre pequeño

Variedades comerciales destacadas: Bibó F₁ (Syngenta Seeds), Chicago (Zeta Seeds), Mielhart (Hazera), Pixie F₁ (Nunhems), Precious Petite F₁ (Syngenta Seeds), Vanessa F₁ (Nunhems).

Sandías de pulpa roja y piel negra

Variedades comerciales destacadas: Blackita (Akira Seeds), Donovan (Hazera), Envy (Zeraim), Fashion F₁ (Nunhems), Fenway (Seminis), Imagination F₁ (Syngenta Seeds), Ivona F₁ (Nunhems), Liliput (Hazera), Pasión F₁ (Intersemillas), Style F₁ (Nunhems), Valdoria F₁ (Nunhems), Verónica (Semillas Fitó), Zimbawe (Zeta Seeds).

Sandías de pulpa amarilla y piel rayada

Figura 6. Sandías de pulpa amarilla y piel rayada



Variedades comerciales destacadas: Graciosa F₁ (Intersemillas), Limona F₁ (Syngenta Seeds), Pekín (Zeta Seeds), Volga F₁ (Ramiro Arnedo).

Sandías de pulpa naranja y piel rayada

Variedades comerciales destacadas: Ámsterdam (Zeta Seeds), Monet (Ramiro Arnedo).

En cuanto a la comercialización de semillas, es preciso mencionar, que la Unión Europea fija una calidad *standard* resumida así (Marín, 1997):

- Pureza específica: 98 %.
- Contenido máximo de otras semillas: 0,1 %.
- Pureza varietal: 95 %.
- Germinación: 75 %.

También comentar en cuanto al consumo actual de sandías, que la tendencia generalizada está por el consumo de sandías triploides, bien sean sandías rayadas (Bouquet Anecoop), aumentando poco a poco el consumo de sandías minis (Mini Bouquet Anecoop) y de piel negra también sin semillas (Fashion).

Actualmente al cultivar sandías es imprescindible tener presente que:

- La sandía sin semillas se produce exclusivamente con variedades triploides. El proceso para conseguir sandías triploides se inicia con la aplicación de un producto llamado colchicina sobre una línea de sandía diploide. Esto da lugar a plantas tetraploides, que siendo cruzadas con otras diploides, producirán la línea triploide.
- Los frutos se desarrollan cuando se han polinizado las flores femeninas con polen de las masculinas, operación realizada normalmente por insectos, abejas principalmente. En invernadero es imprescindible meter colmenas de abejas en época de floración.
- Como se da la peculiaridad de que el polen de las variedades triploides es estéril, es necesario cultivarlas intercalando plantas de alguna variedad diploide, la cual actuará como polinizadora de ella misma y de la variedad triploide. Así pues, dentro de la misma unidad de cultivo, se tendrán plantas triploides que dan frutos sin semillas y plantas diploides que dan frutos con semillas.

- Es imprescindible y necesario para la comercialización diferenciar a la hora de la recolección, los frutos con semillas y los frutos sin semillas, para lo cual se tienen que elegir variedades de fruto cuya apariencia externa sea claramente distinguible. Normalmente se está asociando la piel rayada con el fruto sin semillas y la piel oscura uniforme con el que si las tiene.
- La producción de sandías sin semillas suele ser para la exportación y la de con semillas para consumo nacional. Como para la obtención de sandías sin semillas, necesariamente también se obtienen con semillas, aunque no en el 100 %, unas se dedicarán a un fin y las otras a otro.
- Las principales exigencias del mercado son tamaño pequeño, sin semillas y de carne roja, pero este color como único en la carne de las sandías, se está sustituyendo en parte por una gama de colores desde el amarillo al anaranjado. La calidad organoléptica de estos frutos es semejante, poseyendo como especial su apariencia llamativa y novedosa, además de su contraste al ser mezclada con trozos de frutas de distintos colores.

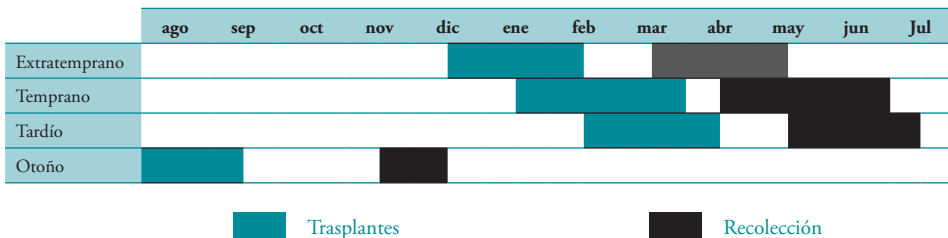
Una vez presentado el material vegetal existente, debemos recordar, que para optimizar cualquier variedad, es fundamental la correcta elección de la época de cultivo, pudiéndose distinguir de este modo cuatro ciclos de cultivo en el sureste peninsular, dependiendo de la fecha de siembra-plantación y de la fecha de recolección. También hacemos mención, a que debido a la alta sensibilidad de la sandía a *Fusarium oxysporum* f. sp *niveum*, en esta zona se realiza el injerto sobre calabaza prácticamente en el 100 % de los casos. Son pocos los casos de plantaciones (de plántulas) sin injertar y de siembras directas, realizándose estas prácticas, en cultivos hidropónicos y en suelos vírgenes o en los que se tiene la certeza de no estar contaminados por *Fusarium*. De este modo, se distinguen los siguientes ciclos de cultivo:

- *Ciclo extra temprano*: El trasplante se realiza entre diciembre y febrero. La siembra se hace en semillero normalmente entre 45-60 días antes del trasplante en caso de plantas injertadas, y ocasionalmente cuando sean plantas sin injertar, entre 35-40 días antes. La recolección suele realizarse escalonada entre finales de marzo y mediados de mayo. Este es el periodo en el que son más frecuentes las plantaciones de sandías

con semillas, pues debido a las temperaturas normalmente bajas que se dan en las fechas de floración de este ciclo, la polinización se ve dificultada, mejorándose con la introducción de variedades exclusivamente diploides. Además, el consumo de las más tempranas suele ser nacional, puesto que en el resto del continente no apetece mucho debido a que aún las temperaturas son bajas y la sandía se asocia a fruta de verano. Por tanto, este ciclo es habitual en las zonas más precoces del litoral mediterráneo.

- *Ciclo temprano:* El trasplante se realiza entre mediados de enero y finales de marzo. La siembra se hace en semillero normalmente entre 45-50 días antes del trasplante en plantas injertadas, y cuando se trate de plantas sin injertar, entre 30-35 días e incluso menos. La recolección tiene lugar desde mediados de abril hasta todo junio. Este ciclo es característico de determinadas zonas del litoral mediterráneo como Almería, Murcia y Valencia, siendo el más común y cultivándose todo tipo de variedades, predominando ya las sin semillas.
- *Ciclo tardío:* El trasplante se realiza entre mediados de febrero y finales de abril, realizándose normalmente la siembra en semillero entre 40-50 días antes del trasplante en plantas injertadas. Cuando es planta sin injertar entre 25-35 días o menos. La recolección suele producirse desde entrado mayo hasta julio. Se cultivan todo tipo de variedades.
- *Ciclo de otoño:* Aunque no son muy comunes estas fechas para el cultivo de la sandía en la zona que nos ocupa, en caso de realizarse, la fecha más usual de trasplante es entre agosto y mediados de septiembre, normalmente de forma injertada. La recolección se lleva a cabo de mediados de noviembre a mediados de diciembre.

Ciclos de sandía realizados en el sureste peninsular



3. Exigencias en clima, suelo y agua

3.1. Exigencias en clima

Un manejo adecuado de todos los factores climáticos de forma conjunta es esencial para un adecuado funcionamiento del cultivo de sandía. Esto es así debido a que estos factores actúan estrechamente relacionados y cada uno de ellos incide sobre el resto.

La sandía es un cultivo menos exigente en temperatura que el melón, siendo las variedades triploides más exigentes que las diploides, teniendo además más problemas de germinación. Asimismo requiere una humedad algo más elevada que melón, siendo este un factor determinante durante la floración.

Temperatura: En la siguiente tabla se exponen las temperaturas críticas para sandía en sus distintas fases de desarrollo en °C.

Temperatura mínima de germinación	13
Temperatura máxima de germinación	40-45
Temperatura óptima de germinación	25
Temperatura óptima día	23-28
Temperatura óptima noche	18-20
Temperatura optima de desarrollo	23-28
Temperatura óptima de floración	18-20
Temperatura mínima de maduración del fruto	23-28
Temperatura mínima biológica	10-12
Temperatura de detención de la vegetación en suelo	8-10
Temperatura mínima letal	0-2

Fuente: adaptado de Reche *et al.* (2000).

Humedad: Es un factor climático importante en el crecimiento de las plantas, siendo crítica en algunos estados fenológicos como es la floración. El intervalo óptimo de humedad relativa debe situarse entre el 60-80 %. En la siguiente tabla se presentan las humedades relativas óptimas en las distintas fases de desarrollo en porcentaje.

Humedad relativa al inicio del desarrollo	65-80
Humedad relativa en floración	60-70
Humedad relativa en fructificación	60

Luminosidad: La tasa de luz influye en la fotosíntesis, por cuyo proceso se incrementa la masa vegetal y el desarrollo de las hojas. Solo una pequeña fracción es necesaria para la síntesis de los glúcidos, por lo que la falta de luz puede provocar problemas en la fase de desarrollo de los frutos. La iluminación débil favorece el ahilamiento, y la intensa, incrementa el número de flores y la precocidad en la maduración de los frutos.

Al igual que ocurre en el cultivo de melón, los tejidos del ovario de la flor, se desarrollan estrechamente influenciados por la temperatura y las horas de iluminación. Se puede afirmar que días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos con temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios. De este modo a lo largo del desarrollo de la planta en un ciclo temprano de primavera, el resultado del aumento conjunto de temperatura y luminosidad, se traduce sobre todo en un aumento de la proporción de flores macho en detrimento de las flores con ovario.

También el anhídrido carbónico es imprescindible para la fotosíntesis, estando muy relacionado con la humedad, la temperatura y la luminosidad. Por tanto, es necesario dotar los invernaderos de buenos sistemas de ventilación cenital y lateral, para la renovación del aire y del CO₂.

3.2. Exigencias en suelo

No se trata de un cultivo muy exigente en suelos, aunque le van bien los suelos francoarenosos (bien drenados), ricos en materia orgánica y fertilizantes. Pero la práctica del enarenado, hace que el suelo no sea un factor limitante en el cultivo de la sandía, ya que una vez implantado se adecuará la fertilización al medio. En suelos arenosos, aunque se produce más precocidad, el contenido de sólidos solubles es menor. En los suelos arcillosos hay que tener cuidado con los riegos por los excesos de humedad, sobre todo al inicio del cultivo.

3.3. Exigencias en agua

Las plantaciones de sandía necesitan bastante agua, sobre todo en los períodos de crecimiento y durante el engorde y maduración de los frutos. Estas necesidades, estarán en consonancia con el clima de la zona y con la insolación. De este modo la falta de agua en el cultivo provoca menores rendimientos tanto en cantidad como en calidad. Es un cultivo similar al del melón

(cabe lo dicho para él en este apartado) y que coincide en época de plantación. Su tolerancia a la salinidad es ligeramente inferior, por lo que se tendrán que reducir los valores de CE en extracto saturado entre un 10-15 %. Pero hay que tener presente que con plantas injertadas es necesario mantener niveles de CE en el suelo más altos, para inducir una buena floración. Así también podemos afirmar que los rendimientos pueden ser muy aceptables con una correcta utilización del agua de riego en función de su CE (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, para desplazar las sales del frente salino del bulbo de humedad).

4. Manejo del cultivo de sandía

Con los cultivos de sandía bajo invernadero se pretende adelantar las recolecciones, con buenas calidades en cuanto a aspecto externo, color, y contenido de azúcar, en especial de aquellas sandías destinadas a mercados extranjeros (sandías triploides). Por tanto, las producciones en invernadero deben hacerse coincidir con épocas en las que o bien no existe producción al aire libre o bien esta es escasa. Esto implica llevar a cabo plantaciones tempranas y desarrollar técnicas de manejo que permitan el desarrollo de los cultivos en las mejores condiciones, lo cual va a necesitar un buen conocimiento de los requerimientos de la planta en cuanto a temperatura, iluminación y humedad y por otro lado de su fisiología.

Al igual que ocurre con otros cultivos, también en sandía, el manejo llevado a cabo para el desarrollo de las plantaciones, supondrá un porcentaje altísimo del éxito final logrado. Bajo este epígrafe de manejo, se engloban gran número de conceptos que permiten la optimización de cada uno de los cultivos atendiendo a parámetros tales como la variedad, la estructura productiva, el sustrato de cultivo, la climatología de la zona...

4.1. Injerto en sandía

Esta técnica la vamos a considerar como un eslabón más en el manejo del cultivo de sandía. El injerto sobre pie de calabaza queda justificado por la necesidad de combatir los ataques de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. Con la ejecución de este mantenemos aislada la variedad de la fuente de contagio que es el suelo.

Su implantación fue muy rápida desde mediados de los 80, pasando a estar injertada la casi totalidad de la sandía cultivada en las zonas productivas más relevantes. Así, además de superar los problemas que ocasionaban el contagio de los suelos, se aumentaron de forma sustancial los rendimientos y se facilitó el desarrollo del cultivo.

En un principio las plantas eran injertadas por los propios agricultores, pero tanto en España como en las principales zonas productivas, ha pasado a ser materia de empresas especializadas, las cuales ya disponen incluso de máquinas de injertar. No obstante, prácticamente no ha habido avance alguno en el empleo de portainjertos. Casi exclusivamente y como hace bastantes años, se siguen empleando los híbridos *Cucurbita maxima* y *Cucurbita moschata*, además el injerto de aproximación es el más utilizado, salvo algunas empresas que están extendiendo el injerto de púa en hendidura. En principio no hay ningún método para predecir el resultado de un injerto, pero de forma general se puede decir que cuanto mayor sea la afinidad botánica entre especies, mayores son las posibilidades de éxito en el injerto.

Portainjertos de calabaza destacados: RS-841 F₁ (Seminis), Shintoza F₁ (Intersemillas), Strong Tosa (Syngenta Seeds), T-158 (Takii Seeds).

Figura 7. Detalle de injerto de aproximación ligado con banda de plomo

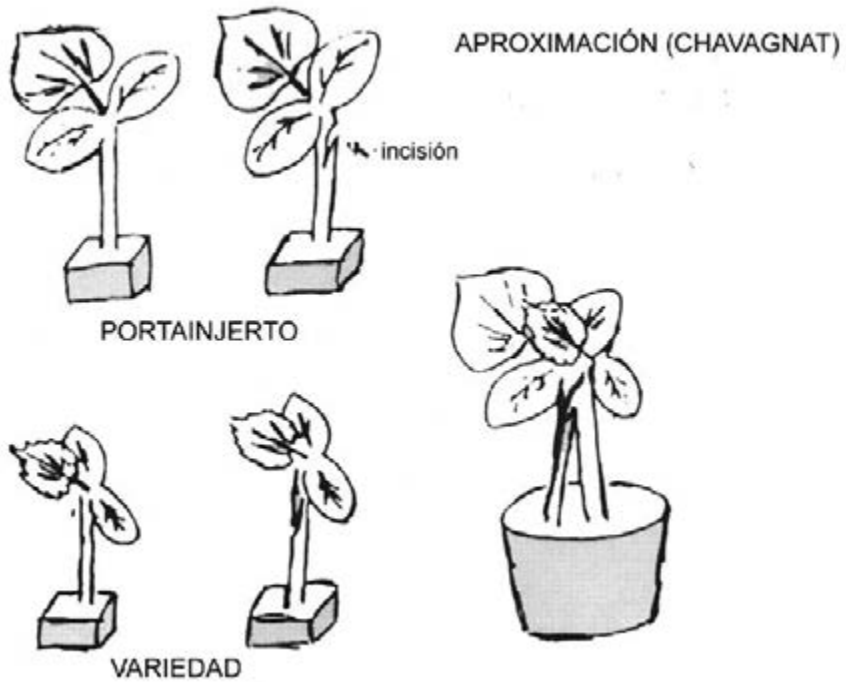


Descripción de los métodos de injerto más comunes en cucurbitáceas:

De aproximación (descrito por Chavagnat, 1972).

- Siembra de la variedad en bandejas, con temperatura de fondo de 20-22 °C.
- Siembra del portainjerto (*Benincasa cerifera*), con semilla pregerminada durante 24-48 horas, en bandejas con temperatura de fondo de 24-26 °C.
- Repicado de la variedad y del portainjertos, separadamente, cuando alcanzan el estado de cotiledones desplegados. Mantenimiento de temperatura alta (26-30 °C) para favorecer el alargamiento de la Benincasa. Con la misma finalidad se puede oscurecer con plástico negro, durante 24-36 horas.
- Injerto cuando la variedad y el patrón tienen la primera hoja bien desarrollada y está apareciendo la segunda.
- Hacer una incisión en el portainjerto, comenzando justo bajo los cotiledones en el lado opuesto a la primera hoja verdadera, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1-1,5 cm de longitud.
- Hacer una incisión en la variedad comenzando 2 cm por debajo de la primera hoja verdadera, hacia arriba y hasta el centro del tallo.
- Ensamblar las dos plantas y ligar con banda de plomo o papel de estaño y plantarlas en una maceta.
- Mantener las plantas recién injertadas en ambiente cálido (25-30 °C) y húmedo (80-90 % de H.R.) durante dos días.
- Airear progresivamente a partir del tercer día.
- Cortar el tallo de la variedad por debajo del injerto, y la calabaza del patrón conservando solamente los dos cotiledones y la primera hoja. Colocar de nuevo las plantas en atmósfera cálida y húmeda durante dos días.
- Airear progresivamente. Plantar a partir de los dos o tres días de comenzar esta operación.

Figura 8. Injerto de aproximación



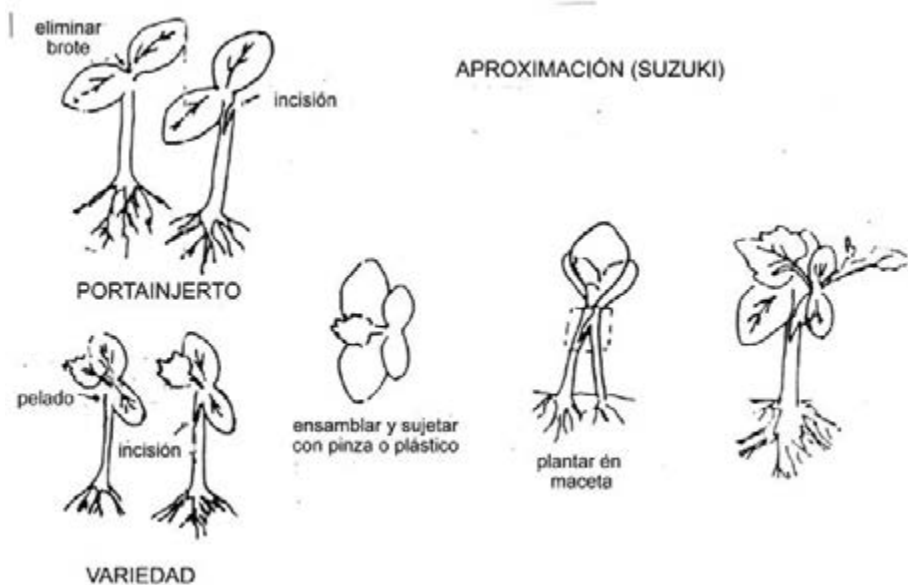
Fuente: descrito por Chavagnat (1972).

De aproximación (descrito por Suzuki, 1972).

- Sembrar en bandeja la sandía con sustrato suelto. Mantener el invernadero a 15-30 °C de temperatura.
- A los 5-7 días, sembrar el patrón, también en bandeja de siembra.
- Cuando en el patrón aparece la primera hoja verdadera, injertar.
- Arrancar con raíces las plantas del patrón y de la variedad.
- Eliminar el brote del patrón, dejando solo los cotiledones.
- Hacer una incisión en el patrón, comenzando por debajo de los cotiledones, hacia abajo, de 1-1,5 cm y hasta la mitad del tallo.
- Eliminar la piel del tallo de la variedad en la zona de la soldadura.

- Hacer una incisión de abajo a arriba, comenzando 2 cm por debajo de los cotiledones.
- Ensamblar patrón e injerto y sujetar con pinza o cinta.
- Plantar en una maceta de 10 cm de diámetro separando los tallos en ambas plantas para facilitar el corte posterior.
- Mantener las plantas en invernadero a 25-26 °C. Durante los dos o tres primeros días, sombrear las plantas.
- A partir de ese tiempo, levantar el sombreado y airear progresivamente. Si aparece marchitez en las plantas, continuar con el sombreado un poco más.
- A los 10 días del injerto, cortar el tallo de la variedad (hacer una prueba previa con algunas plantas) justo por debajo del injerto.

Figura 9. Injerto de aproximación

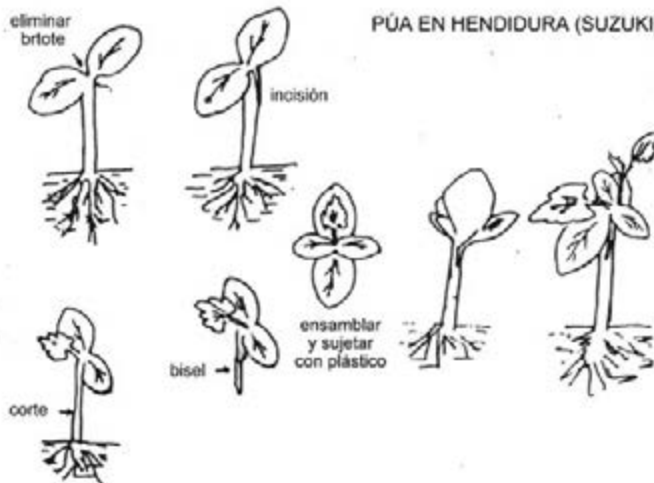


Fuente: descrito por Suzuki (1972).

De púa en hendidura (descrito por Suzuki, 1972).

- Sembrar el portainjertos en bandeja, con semilla prejerminada.
- Sembrar la variedad en bandeja.
- Repicar el portainjertos a maceta, cuando empieza a desplegar los cotiledones.
- Injertar cuando aparece la primera hoja verdadera en el injerto.
- Cortar el tallo de la variedad 1,5 cm por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 0,6-1 cm en su extremo.
- Eliminar el brote del portainjertos y hacer una hendidura entre los cotiledones, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1-1,5 cm de longitud.
- Insertar la púa en la hendidura y ligar con pinza o cinta.
- Regar la maceta (sin mojar el injerto) y colocarla en ambiente cálido (23-25 °C) y húmedo y sombrear ligeramente.
- A partir del cuarto día retirar el sombreado paulatinamente y a la semana retirarlo completamente y comenzar a ventilar.
- A las dos semanas ya se puede trasplantar.

Figura 10. Injerto de púa en hendidura



Fuente: descrito por Suzuki (1972).

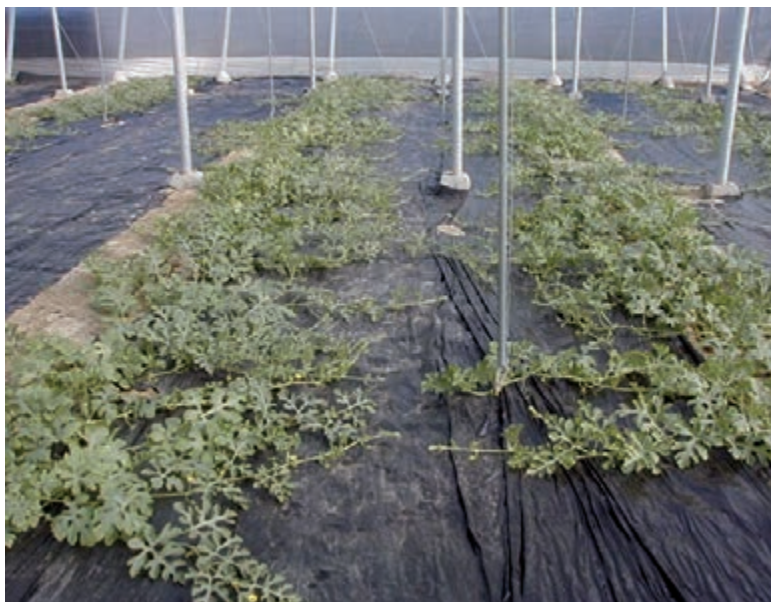
4.2. Densidades de plantación

Dependerán fundamentalmente del tipo de sandía, de si esta está o no injertada y del sustrato:

En suelo:

- *Sandía injertada:* lo más usual es un marco de plantación de 2 x 2 m o 4 x 1 m, lo que supone una densidad de plantación de 2.500 plantas/ha. Posiblemente sea preferible el 4 x 1 m, pero sin descartar ni mucho menos el 2 x 2 m. Esto es porque de este modo se aprovecha mejor el agua y los fertilizantes, al poderse anular más ramales portagoteros, dándose por tanto un descanso de cierta parte del terreno. Al plantar 4 x 1 m, no influye en la ocupación total del terreno por la planta, encauzando la forma de la misma con la poda. Además se reducen a la mitad los materiales de semiforzado (plásticos, mantas térmicas). También se puede dar que la superficie del suelo se cubra demasiado pronto, antes de haber desarrollado la planta suficientes flores femeninas.

Figura 11. Marco de plantación a 4 x 1



- *Sandía sin injertar*: lo más usual son marcos de plantación de 2 x 1 m, con una densidad de 5.000 plantas/ha. Actualmente, es poco habitual, plantándose muy poca sandía sin injertar, debido a la contaminación de suelos y a las ventajas de vigor que aporta esta técnica.
- *Sandías sin semilla*: como su polen es estéril, necesitan intercalar polinizadores, normalmente un tercio de las plantas. Las dos formas más usuales de distribución son:
 - Por líneas: intercalando una línea de plantas polinizadoras y dos de plantas sin semillas.
 - Por plantas: Intercalando dentro de una misma línea de cultivo una planta polinizadora y dos plantas sin semillas.

En hidropónico:

En cultivos hidropónicos y partiendo de la premisa que normalmente se introducen 3.333 bolsas de sustrato/ha, se plantarán:

- *Sandía injertada*: se pone una planta por tabla, o sea 2 x 1,5 m, con una densidad por tanto de 3.333 plantas/ha.
- *Sandía sin injertar*: se ponen dos plantas por tabla, o sea 2 x 0,75 m, con una densidad por tanto de 6.666 plantas/ha.
- *Sandía sin semillas*: se intercalan las sandías sin semillas y las polinizadoras, de igual forma que se comentó para las plantaciones en suelo.

4.3. Siembra y plantación

Lo más aconsejable es la obtención de plantas en semillero, para asegurar un cultivo homogéneo y evitar los problemas de germinación en invernaderos, debido sobre todo a las bajas temperaturas del suelo en las fechas habituales de siembra. Así pues, la siembra directa está condicionada por la temperatura que el suelo necesita para la germinación y la nascencia de la semilla de sandía, la cual está alrededor de los 15 °C, lo que es difícil de conseguir en las fechas normales de siembra y origina retrasos en la germinación. Si esta se realiza en verano o bien en época tardía (a partir de marzo), se podrá hacer de forma directa. Las fechas de siembra además podrán verse retrasadas por la duración prolongada en exceso del cultivo precedente, condicionado sobre todo por los precios del momento.

Figura 12. Plántulas injertadas listas para ser plantadas



La siembra directa se realiza con semilla seca, humedecida o pregerminada, colocando 1 o normalmente 2 semillas por golpe y cubriéndola con unos 2 cm de turba, perlita, vermiculita, arena o humus de lombriz. La siembra de la semilla pregerminada debe realizarse cuando la longitud de la radícula sea como mucho de 1 cm.

En cultivos hidropónicos es más común la siembra directa que en suelo, al estar los sustratos normalmente libres de patógenos. Pero también es menos extendido que el injerto, dadas las bajas temperaturas de las fechas normales de siembra, las cuales se dejan sentir aún más en el sustrato que en el suelo. En caso de practicarla, se hará un agujero de 2 a 3 cm en el sustrato, se introduce la semilla (pregerminada o no) y se cubre con perlita o vermiculita para evitar la pérdida de humedad. A partir de aquí se irán dando los riegos que según el momento se aconsejen, para mantener la humedad de germinación.

La siembra en semillero se hace en bandejas alveolares que pueden ser de diferentes tamaños. Una vez depositadas las semillas, son cubiertas con turba, perlita o vermiculita, se riegan e introducen en cámaras de germinación a 25 °C durante 2 o 3 días, pasándolas luego a invernaderos con temperatura controlada. El tiempo de la plántula en semillero suele ser entre 25-40 días. Para plantas injertadas se procederá como se indicó en el apartado dedicado a los injertos.

Cuando la plantación se realiza procedente de semillero, es conveniente apartar la arena, depositar el cepellón sobre la tierra, aportar un poco de humus de lombriz y tapar todo con arena. Dependiendo del tamaño de la arena del enarenado, convendrá o no, meter la mitad del cepellón en tierra y después

hacer las mismas operaciones anteriores. En verano y en plantaciones tardías, vigilar que el cepellón no se reseque en demasía. Una vez asentada la plantación, para favorecer el enraizamiento y fortalecer los cuellos de las plantas contra enfermedades, se puede aportar un cacharreo (unos 250 cc/planta) con algunas de las siguientes materias: propamocarb, metil-tiofanato, enraizantes, ácidos húmicos, aminoácidos... Después de hacer las plantaciones y dependiendo de la fecha y del tipo de invernadero, estas podrán ser protegidas de las condiciones climatológicas adversas, sistemas que veremos posteriormente.

En cultivos hidropónicos la siembra también se hace normalmente en semillero, depositando las semillas en tacos de lana de roca, los cuales pueden ser utilizados en cualquier sustrato. Además las semillas pueden ser sembradas en cepellones de turba, perlita o mezcla de ambas, utilizándose estos para plantar en sustratos de perlita o fibra de coco. En caso de plantas injertadas, la variedad a injertar, puede ser sembrada en cualquier tipo de sustrato. Se velará por unas óptimas condiciones sanitarias del semillero que minimicen las infecciones de hongos. También indicar que la CE del sustrato a la hora del trasplante debe ser menor que la del cepellón, para favorecer el enraizamiento de las plántulas. Los cepellones en lana de roca son depositados sobre el sustrato y fijados con la piqueta y con los de turba o perlita se practica un agujero en el sustrato para introducir el cepellón.

Independientemente del método de siembra o plantación que se haga, se suele prever sobre un 5 % de plantas más de la nascencia.

4.4. *Tunelillos y acolchados*

La utilización de *films* plásticos en los cultivos de sandía otorga un abrigo térmico y proporciona el adelanto de las producciones. Esto se logra con varias técnicas dependiendo del tipo y el lugar en que se colocan las láminas de plástico presentando cada modelo una serie de ventajas e inconvenientes. Los modelos de acolchado y los tunelillos que veremos a continuación tienen por fin básico el forzado de los cultivos.

Tunelillos: en estos además de la lámina plástica se requieren soportes de alambre en forma de arco que actuarán de estructura de sujeción del *film*. Los tunelillos serán colocados justamente después de la siembra a trasplante. Los arcos de alambre se colocan entre ellos a una distancia entre 1,5 y 2 m clavando sus extremos en el suelo a una profundidad de 30 cm. El plástico

que mejores resultados está dando es el copolímero EVA, que además de proteger de las bajas temperaturas impide el goteo por condensación con lo cual se reduce el riesgo de pudrición. Otros materiales utilizados en los tunelillos son las películas de polietileno transparente, con el inconveniente del goteo, y la manta térmica, que aunque incrementa la temperatura en menor medida mejora las condiciones de ventilación, evita el problema de goteo y además permite la realización de tratamientos fitosanitarios con una eficacia media

Figura 13. Tunelillo de plástico EVA



La forma más frecuente es un túnel de 30 a 40 cm de altura y 50 a 70 cm de ancho (en la actualidad se tiende ha hacerlos de más tamaño), sujeto el plástico al suelo mediante el enterrado de sus laterales en el momento de su colocación. En las fechas tempranas de siembra y plantación de sandías, cuando más requerido es este sistema, la temperatura diurna dentro del túnel puede llegar a los 30 °C, cuando en el exterior es de 15 °C. La temperatura nocturna se mantendrá de 2 a 3 grados por encima del exterior siendo mayor esta diferencia si se utilizan *films* con carga térmica o copolímeros EVA.

En el interior del tunelillo la concentración de humedad es bastante mayor que en el exterior y además durante el día pueden llegar a alcanzarse

temperaturas extremas, por lo que sería conveniente para evitar daños a consecuencia de esto la ventilación de los tunelillos. Si el plástico es fijado enterrándolo, habrá que levantarlo para ventilar, siendo esta operación poco operativa. Existe otro sistema de fijación con cordel o alambre el cual requiere mayor mano de obra de colocación, pero facilita un mejor control de la ventilación mediante la retirada del *film* por uno de los laterales del túnel.

Otro sistema de ventilación que aunque poco utilizado da muy buenos resultados, consiste en realizar cortes longitudinales en la zona más alta de los tunelillos. De este modo cuando las temperaturas son bajas, el plástico se contrae manteniéndose tenso y por lo tanto, cerrados los cortes en el plástico. En cambio al subir las temperaturas el plástico se dilata facilitando así la flacidez de este, abriéndose los cortes facilitándose así el intercambio gaseoso.

La superficie de ventilación, será conveniente ir aumentándola progresivamente conforme mejora la climatología, para de este modo ir aclimatando la planta al ambiente exterior antes de que se inicie la floración femenina, si antes no ha sido necesario eliminar la cubierta por la excesiva vegetación existente en el interior del tunelillo.

La cantidad de luz en el túnel viene condicionado por el vapor de agua en la superficie plástica y por la transparencia de este. Lo más indicado es la utilización de *films* con aditivos antivaho disminuyéndose la tensión superficial del agua condensada en el plástico formando una capa continua de agua, que como el vapor, disminuye las pérdidas térmicas, evita el goteo y durante el día mejora la entrada de radiación solar.

Acolchados: consiste en colocar sobre el terreno, normalmente un plástico, con lo cual se consigue un mayor y más uniforme desarrollo del cultivo motivado porque:

- Se mejora la estructura del suelo facilitándose el desarrollo de las raíces y favoreciendo de este modo la asimilación de los nutrientes.
- Se eleva la temperatura del suelo produciéndose un mayor desarrollo de raíces en los primeros 20 cm de sustrato donde la temperatura es más beneficiosa y los nutrientes de la fertirrigación están más disponibles.
- Se disminuye la evaporación de agua, consiguiendo de este modo un ahorro de esta.

- Se aumenta la concentración de CO₂ que es indispensable para el desarrollo de la planta.

Figura 14. Acolchado negro. Planta cubierta de manta térmica



Los plásticos para acolchar pueden ser de muchos colores, gris humo, aluminizados, verdes, bicolor (blanco/negro), pero los más usados son el transparente y el negro.

Con el transparente se incrementa la temperatura del suelo más que con ningún otro, lo cual favorece el desarrollo de las raíces y la implantación del cultivo, pero también favorece el crecimiento de malas hierbas. La temperatura acumulada durante el día se puede perder por la noche si los plásticos utilizados carecen de buenas propiedades térmicas.

Por otro lado con el acolchado negro se impide el crecimiento de malas hierbas bajo el mismo, pero con este se logra un menor aumento en la temperatura del suelo.

En caso de realizar el acolchado con plástico bicolor, la capa de color negro se pone hacia el suelo y la de color blanco hacia arriba. Esto produce un aumento de la luminosidad (al ser reflejada por el blanco), pero a veces es tan fuerte que influye en el vuelo de las abejas y posteriormente eleva las temperaturas en exceso, siendo esto más perjudicial que la cantidad de luz que gana al principio. En otros cultivos está mucho más introducido.

Figura 15. Acolchado bicolor. Blanco hacia arriba



Tras realizar la plantación habrá que vigilar el uso de estos sistemas, pues pueden provocar sobre la planta joven un grave estrés hídrico. Este estrés se puede provocar en el interior del túnel aunque la humedad sea mayor que en exterior, viéndose su efecto acentuado si se coloca acolchado bajo el túnel. Como norma general no es conveniente la utilización conjunta de ambos sistemas, pero en el caso de acolchar los túneles deberían ser de manta térmica (agrotexil).

Otro sistema de abrigo extendido en los invernaderos, es la utilización de doble techo, doble banda y cortinas en los pasillos, pudiendo ser estos de plástico o manta térmica. De este modo se consigue un aumento considerable de las temperaturas diurnas y nocturnas, manteniéndose estas 1 o 2 °C sobre el exterior por la noche. También se pueden ver plantaciones en las que se utiliza la denominada cubierta flotante, que consiste en extender normalmente una manta térmica sobre el cultivo, aumentando las temperaturas de suelo y ambiente, incrementando la precocidad del cultivo y dando protección contra insectos, roedores y pájaros.

4.5. Podas y aclareos de frutos

4.5.1. Poda de formación

Se realiza de manera optativa y según el marco elegido, al no haberse apreciado grandes diferencias entre las plantaciones podadas y las sin podar. La finalidad fundamental es la de controlar la forma de desarrollarse la planta, eliminando los brotes principales para adelantar la brotación y el crecimiento de los secundarios. Se elimina el brote principal cuando presenta entre

5-6 hojas, dejando que se desarrollen los 4-5 brotes secundarios que parten de las axilas de las mismas, confiriéndose a la planta una forma redondeada.

4.5.2. Poda de rebrote o regeneración

Tras una recolección o un mal cuajado, se puede hacer una poda para volver a formar una nueva planta. Así pues se eliminan todos los tallos viejos dejando 4 o 5 tallos nuevos de la base del tallo principal.

4.5.3. Aclareo de frutos

Siempre que la polinización se realiza en condiciones adversas de temperatura y humedad, se forman frutos deformes que es necesario eliminarlos lo más pequeños posible. Además se eliminarás parte de los frutos, dejando 1 o 2 por ramificación en función del vigor de la planta. Después de una poda o un aclareo siempre es bueno realizar un tratamiento fungicida.

4.6. *Binas y escardas*

Al inicio del cultivo se eliminan malas hierbas mediante binas manuales con escardillo. Después, cuando la vegetación cubre totalmente el suelo, las hierbas se arrancan manualmente. Normalmente se realizan una o dos binas antes de que el cultivo se cierre. En caso de haberse acolchado esta labor no se realiza. Además del escardillo, otra herramienta muy utilizada en esta labor, es el cortahierbas. Este apero esta formado por una cuchilla que se introduce fácilmente en la arena de 1 a 2 cm, por donde corta las malas hierbas a la vez que va realizando un movimiento de la arena (bina), importante para evitar la formación de costras en el terreno.

4.7. *Polinización*

Normalmente se realiza con la colocación de colmenas de abejas en las plantaciones. Como norma general, se instalan al menos 2 colmenas por cada hectárea, aunque lo habitual es de 4 a 6 por hectárea, para procurar que el cuaje sea lo más parejo posible y evitar una recolección escalonada. La introducción se debe realizar cuando se empieza a observar la floración del cultivo.

Desde el inicio de la floración al cuaje de los frutos, en el abonado se deben subir los niveles de fósforo y potasio, evitando los excesos de nitrógeno que favorecen el desarrollo vegetativo. Los riegos se darán regulares pero cortos, para evitar excesos de humedad.

Figura 16. Colmena de abejas para polinización



En el cultivo de sandía triploide es necesaria la utilización de sandía diploide como polinizadora, al ser estéril el polen de la primera. Se buscan asociaciones entre sandías en las que coincidan las floraciones entre polinizadora y polinizada (diploide y triploide) en relación 30-40 % de polinizadora más el 60-70 % de polinizada o 25-33 % de polinizadora y un 67-75 % de polinizada.

Al inicio de la floración, la apertura de la flor es a primeras horas de la mañana. Las flores masculinas aparecen antes que las femeninas, nunca junto a las femeninas, las cuales aparecen normalmente en los brotes de los tallos secundarios. Las flores pistilares permanecen receptivas de 2 a 5 días, engrosando rápidamente el ovario una vez fecundado. Las flores que no han sido fecundadas se caerán. Si la polinización es deficiente, los frutos serán de peor calidad, siendo por tanto necesaria la práctica recomendada de utilizar colmenas de abejas. También se podría hacer con abejorros pero su coste es elevado al tener que meter muchas colmenas en un corto período de tiempo.

Figura 17. Polinización por abejas



Fuente: ilustraciones de A. J. Céspedes.

Se deben cumplir una serie de requisitos antes de la introducción de las colmenas y durante su período de trabajo, para que estas funcionen bien:

- Preparación de la floración, disminuyendo los niveles de nitrógeno y subiendo los de fósforo y potasio, además de recortar el agua. También se puede realizar un tratamiento foliar para favorecer la calidad y cantidad del polen, aportando abono foliar rico en fósforo (induce floración), algas marinas con boro y molibdeno (aumentan la actividad fotosintética).
- Realizar un tratamiento con fitosanitarios antes de introducir las colmenas, asegurándonos que este no perjudica a las abejas. En caso de realizar algún tratamiento con las colmenas dentro del invernadero, habrá que cuidar los productos utilizados y hacerlos al anochecer cuando las abejas se han retirado de la plantación.
- Es conveniente que una semana antes de la introducción de colmenas en los invernaderos se hayan tomado medidas de control ambiental, para mejorar las condiciones de habitabilidad (abrir bandas, ventanas cenitales, etc.).

- Introducir el número suficiente de colmenas según superficie. El cuaje es conveniente que se realice en las mejores condiciones y en el menor tiempo posible. Entre 14-20 días es suficiente para que las colmenas en buen estado y con un grado óptimo de floración (sobre todo femenina) se pueda realizar buen cuaje.
- Una vez en el invernadero, colocarlas en la zona sur del mismo, en las partes más ventiladas con menos calor. Se les puede poner algún sombraje. Es conveniente que tengan una apertura al exterior de la banda para que no estén encerradas dentro del invernadero, pues si las condiciones de humedad relativa, de temperatura o por productos fitosanitarios, no son adecuadas, las colmenas morirán. Así, si algún día las condiciones de trabajo no son óptimas en el invernadero, las abejas podrán ir a las orillas u otras zonas colindantes a procurar el polen diario necesario para la fabricación de proteínas.

Una vez se observa que el cuaje ha finalizado, se retiran las colmenas y se empezará a aumentar el tiempo de riego progresivamente y también los abonos ricos en nitrógeno.

A excepción de cultivos en los que se quiera hacer rebrote, no se volverán a meter de nuevo las colmenas. Ya que los rebrotes alargan el ciclo de cultivo, estando estos por tanto más tiempo del normal en el invernadero, y a que la climatología en estas fechas es muy favorable para el desarrollo de plagas, habrá que estudiar bien la posibilidad de hacer rebrote, al poder carecer de interés en momentos determinados.

4.8. Dar escoba o destapar frutos

Consiste en descubrir los frutos de las sandías cuando no les da bien la luz por excesiva vegetación. Esta operación se hace con escobas y se consigue acelerar el engorde y maduración de los frutos. Esta práctica no es recomendable en muchos casos, debido a que puede engañar o hacer dudar al cortador en su labor.

4.9. Uso de fitorreguladores y bioestimuladores

Para comenzar conviene recordar que el uso de fitohormonas solo debe realizarse cuando los factores ambientales sean desfavorables, y lo que se pre-

tenda conseguir con el uso de estos no se pueda lograr con métodos naturales. A la hora de ser aplicados hay que tener muy presente la concentración adecuada, ya que concentraciones mayores o menores no producen el efecto deseado. Dosificaciones no adecuadas por exceso, pueden presentar efectos contrarios a los que se desean y pueden resultar tóxicos para las plantas. Tendrán que ser usados siempre bajo estricto control técnico.

El uso tanto de fitorreguladores como de bioestimuladores en el cultivo de sandía se realiza sobre todo en momentos puntuales y ciertamente críticos durante el ciclo de cultivo, como puede ser el trasplante, la floración, el cuajado y el engorde.

Al realizar los trasplantes en invierno, las plantas sufren el cambio de condiciones del semillero al invernadero, siendo necesario estimular un poco el desarrollo de las primeras raicillas y favorecer la aclimatación de la pequeña planta, consiguiéndose en cierto modo con la aplicación vía riego o bien mediante cacharreo de un enraizante (orgánico), acompañado de ácidos húmicos o de aminoácidos. También para estimular un poco el desarrollo se puede hacer alguna aplicación foliar con aminoácidos.

Para favorecer la floración se puede realizar a nivel foliar o incluso por riego alguna aplicación para estimularla, además de realizar todas las labores de manejo que inducen floración: recortar riegos, reducir nitrógeno, despuntar rastras... Un tratamiento foliar estimulante de floración puede llevarse a cabo con productos ricos en: fósforo + potasio + molibdeno + boro + algas marinas + aminoácidos + ácido fólico. También vía riego se pueden aplicar productos ricos en estos componentes, con resultados algo menos satisfactorios pero aceptables. Sus resultados tardan más en dejarse notar por lo que habrá que anticipar su realización.

La aplicación de retardadores del crecimiento puede mejorar la floración, fructificación, adelantar la producción y disminuir en cierto modo las necesidades de poda. En caso de prever un bajo índice de polinización natural por abejas (que es lo más habitual), puede mejorarse el cuajado y la formación precoz de frutos con el uso de fitorreguladores de naturaleza química como el Fengib.

La aplicación de productos hormonales para la regulación y cuajado de sandías, no deben recomendarse salvo casos extremos como los siguientes:

- Manejo no adecuado del cultivo, con exceso de vigor, escasa floración y poco polen.
- Condiciones climáticas adversas como lluvia, viento, que impiden el trabajo de las abejas.
- Cultivos tempranos en los que tanto frío como humedad, reducen la producción y viabilidad del polen.
- Al haberse aplicado un producto tóxico que impide el trabajo de las abejas.
- Al utilizar de forma desconocida una cubierta plástica que no deja pasar los rayos ultravioleta, necesarios para la visión de las abejas.

Se han probado de forma experimental (no están registrados en sandía), diversos fitoreguladores con resultados muy dispares. El conocimiento sobre estos productos ha de ser muy bueno para decidir su utilización. Algunos son: Clormecuat, Tolilftalam, Mepicuat-Cloruro, 2.4-D Sal amina...

También comentar que se utilizan productos para el cuajado con las siguientes hormonas: ANA + ANA-Amida, Ácido Giberélico + Fenotiol... Posiblemente, algunos de los mejores resultados se hayan obtenido con Fengib (Ácido Giberélico + Fenotiol)

Todas estas dosificaciones habrá que definir las con mucho cuidado, y siempre bajo estricta recomendación técnica, pues todo irá dado en función de muchos factores como son la temperatura, la humedad relativa, el vigor de la planta, la variedad... Después de estas aplicaciones, es bueno regar, para paliar un poquito el estrés provocado.

Por tanto, a la hora de realizar este tipo de aplicaciones, habrá que fijarse muy bien en lo siguiente, para ajustar dosis y ver si es o no necesaria su realización:

- Conocer muy bien el tipo de sandía y las variedades.
- Observar bien el vigor de la planta para marcar dosis.
- A la hora de realizar la aplicación, no hacerlo con la humedad relativa muy baja, nunca inferior al 35 %. El día de la realización evitar los vientos de levante.
- Realizarlo al atardecer, para superar mejor el estrés con las temperaturas nocturnas.

- Regar a la mañana siguiente.

El proceso de engorde puede ser también favorecido con aportes de algunos de los productos anteriormente mencionados, vía riego (ANA + anamidas, ácido fólico, aminoácidos...), o vía foliar (aminoácidos, ácido fólico, algas marinas...).

Todas las dosis foliares para suelo e hidroponía son muy similares, teniendo siempre presentes las condiciones mencionadas anteriormente. Las dosis por riego son totalmente diferentes en ambos sistemas.

5. Fertirrigación

5.1. Soluciones nutritivas

El método habitual que utilizaremos para obtener las necesidades de nutrientes de las plantaciones de sandía, será el del cálculo de soluciones nutritivas. Este método es el aplicado en los cultivos sobre sustratos inertes, el cual extrapolaremos también a los cultivos en suelo, obteniéndose resultados muy aceptables. Entre un sistema y el otro variará la forma de obtener las necesidades en agua de los cultivos, las cuales también comentaremos en este capítulo.

Las plantas necesitan, para el desarrollo de su ciclo de vida, de una serie de elementos químicos denominados elementos nutritivos. Todos estos son igualmente importantes, pero unos los necesitan las plantas en grandes cantidades (son los macronutrientes), y otros los necesitan en pequeñas cantidades aunque son también necesarios (microelementos).

Todos los elementos nutritivos esenciales para la planta son tomados en forma de iones, los cuales pueden ser positivos o negativos. Son varias las formas en que pueden expresarse las concentraciones de iones en las aguas de riego o en las soluciones nutritivas. Generalmente las concentraciones de macronutrientes se expresan en mili moles por litro, mientras que las de los microelementos se hace en ppm.

Para el cálculo de soluciones nutritivas se utiliza un método práctico, y aunque los cálculos no son en la totalidad químicamente exactos, son lo suficientemente fiables como para aplicarlos en campo con garantías. La secuencia metodológica que se sigue para el cálculo de soluciones nutritivas es la siguiente:

1. Solución nutritiva tipo.
2. Análisis del agua de riego.
3. Ajuste del pH.
4. Ajuste de los macroelementos en mmol/l.
5. Ajuste de los microelementos en ppm.
6. Cálculo de la conductividad final de la solución nutritiva.

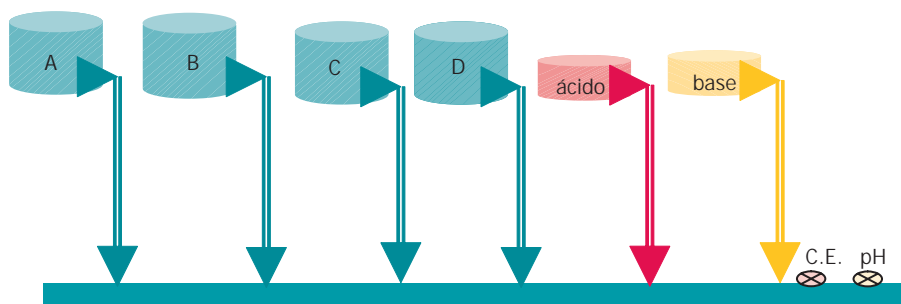
Hay que dejar bien claro que no existen soluciones nutritivas tipo por especies, variedades, estados de desarrollo, condiciones climáticas... Los factores de producción son tan variables que las soluciones nutritivas optimizadas podrían ser infinitas. Pero sí son adaptadas a los límites de concentración en los que los elementos nutritivos son disponibles para las plantas, y llegan a ser otros factores menos controlables, los que condicionan y limitan la capacidad productiva de los cultivos.

Los fertilizantes de uso más extendido para la confección de las soluciones nutritivas, son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato amónico, sulfato magnésico...) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico...), debido a su bajo coste y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque además existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples.

Los aportes de microelementos, que se estaban dejando a un lado, resultan vitales para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral y en forma de quelatos, para cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta.

También se dispone de numerosos correctores de carencias tanto de macro como de micronutrientes que pueden aplicarse tanto vía foliar o riego por goteo, aminoácidos que ayudan a la planta en momentos críticos de su desarrollo o bajo condiciones ambientales desfavorables, así como otros productos que mejoran las condiciones del medio (ácidos húmicos y fúlvicos, correctores salinos...), que mejoran las condiciones del medio y facilitan la asimilación de nutrientes por la planta.

Figura 18. Batería de tanques para la preparación de soluciones nutritivas



5.2. Necesidades hídricas

A través de los sistemas de fertirrigación, se irán aportando a los cultivos en cada momento el agua y los nutrientes necesarios en función del estado fenológico de la planta y del ambiente en el que se encuentra (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego...).

En los cultivos en suelos enarenados, el establecimiento de los ciclos y frecuencias de riego, deberán venir dados fundamentalmente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo, la cual será determinada mediante la instalación de tensiómetros en el suelo.
- Características del suelo (porcentaje de saturación, capacidad de campo...).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia y uniformidad del sistema de riego.
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores serán los volúmenes utilizados para desplazar las sales del bulbo de humedad).

Según los estudios realizados en la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas' los consumos medios de agua del cultivo de sandía en el suroeste peninsular, teniendo en cuenta las fechas de trasplante, son los siguientes (los datos están expresados en $l/m^2/día$):

Meses	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	
Quincenas	0,26	0,44	0,68	1,13	2,28	3,20	3,99	4,24	4,15	4,03	4,88	5,09			
		0,29	0,51	0,75	1,70	2,56	3,99	4,24	4,61	4,54	4,88	5,09			
			0,34	0,75	1,70	2,56	3,99	4,24	4,61	4,54	4,88	5,09			
				0,38	1,14	1,93	3,19	4,24	4,61	5,04	5,48	5,09			
					0,56	1,28	2,39	3,39	4,61	5,04	6,09	5,78	4,86		

Además de este cuadro orientativo de necesidades de agua, se utiliza otra técnica para ir sabiendo en cada momento del ciclo de desarrollo, las necesidades hídricas del cultivo. Para ello se instalan tensiómetros de cerámica porosa, debidamente ubicados, que irán indicando según las medidas obtenidas las necesidades de agua del cultivo en cada instante determinado. También es muy recomendable la utilización de bombas de succión, para extraer la fase líquida del suelo a través de la cerámica porosa, y posteriormente ir tomando las medidas de conductividad eléctrica que nos ayudarán a determinar la variación de los ciclos y las frecuencias de riego.

Justo después de la floración del cultivo de sandía, es la fase de desarrollo durante la cual tiene lugar una mayor extracción de agua y nutrientes. Durante la fase de floración y dependiendo de la situación del cultivo, puede ser conveniente provocar un ligero estrés hídrico para facilitar la fijación de las flores recién cuajadas.

Al tratarse la sandía de una planta con una gran demanda de agua, sobre todo en el engorde del fruto, será fundamental el cálculo lo más aproximado posible de las necesidades de agua. Otros factores como el mal drenaje del suelo, influyen en que haya cantidades excesivas de agua a nivel radicular. La humedad relativa excesivamente alta en el interior de los invernaderos disminuye la evaporación del cultivo y por tanto sus necesidades de agua.

En los cultivos hidropónicos los cabezales de riego están automatizados, existiendo distintos sistemas para la determinación de las necesidades de agua del cultivo. El más extendido es el empleo de bandejas de riego por demanda. Los ciclos y las frecuencias de riego dependerán de las características físicas del sustrato, además del clima y la etapa de desarrollo del cultivo. Habrá que ir modificando la duración en minutos del riego y el tiempo de pausa entre estos.

5.3. Necesidades nutritivas en cada fase de desarrollo del cultivo

Como ya se ha comentado, partiremos de soluciones nutritivas tipo, las cuales serán aplicadas tanto en suelo como en hidroponía, siendo corregidas posteriormente según se desarrollen los cultivos.

Suelo: Los nutrientes iniciales a aportar, han de estar basados siempre en un análisis del suelo y del agua de riego. Las modificaciones posteriores se realizarán atendiendo a las lecturas de las bombas de succión, a las analíticas de extracto saturado, a las analíticas foliares y a la fase de desarrollo del cultivo.

Hidropónico: La primera recomendación dada está basada en la analítica del agua de riego, en la variedad cultivada, en el sustrato, en el criterio del técnico... Posteriormente se irán haciendo los ajustes pertinentes en solución nutritiva, basándonos en el desarrollo del cultivo, en los análisis periódicos de la solución de drenaje y tabla (según sustrato), en las medidas diarias del volumen de agua drenado, de la conductividad eléctrica y del pH de la solución (en drenaje o en tabla).

Descripción de cada fase y su solución nutritiva tipo:

1. *Enraizamiento y desarrollo de los primeros estados:* siempre partiremos de material vegetal sano, observando que en la primera semana la humedad sea constante, pero evitando encharcamientos. En esta fase será conveniente la aplicación de un bioestimulante para favorecer el enraizamiento y superar el estrés del trasplante. A partir de esta primera semana comienza el enraizamiento, siendo conveniente bajar la humedad del suelo, para que la raíz busque la humedad.

En esta fase que dura unos 15 días, el abonado dependerá del cultivo anterior y de la C. E. del suelo, que cuanto más alta sea más se dificultará el enraizamiento, pudiendo ser conveniente un riego de lavado para bajar la C. E. en el sustrato o incluso hacer la aplicación de un desplazante de sales. A la hora del trasplante es conveniente que la C. E. del cepellón sea mayor que la del suelo, para de este modo favorecer el desarrollo radicular.

Las soluciones nutritivas tipo que daremos para cada una de estas fases, están pensadas para aguas de baja C. E., siendo necesario hacer algunas modificaciones en las relaciones iónicas y en la C. E. final,

cuando trabajemos con aguas salinas. Las soluciones estarán dadas en mmol/l, la C. E. se referirá a un incremento en dS/m sobre el agua de riego y además habrá que añadir correctores múltiples de microelementos a razón de 2 a 2,5 Kg por cada 100.000 l de agua de riego.

Figura 19. Plántula en enraizamiento



La sandía es un cultivo similar al melón, tratado en módulos anteriores, y que coincide con este en época de plantación. Su tolerancia a la salinidad es ligeramente inferior, por lo que se tendrán que reducir los valores de C.E en extracto saturado entre un 10-15 %, pudiéndose por tanto aplicar también este porcentaje a la C. E. de riego.

Solución tipo en enraizamiento:

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	C. E.	pH
10	1,8-2	2	3-4	3-4	1,5-2	1	6

Solución tipo del desarrollo hasta floración:

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	C. E.	pH
12-13	1,5	2	4-5	4-5	1,5-2	1,3-1,6	6

Figura 20. Etapa de desarrollo vegetativo



2. *Fase de floración*: es una fase importantísima, ya que una buena floración facilitará el cuajado del fruto. Habrá que controlar el vigor de la planta, recortando los aportes de nitrógeno, ya que el viciado de la plantación acarrea la pérdida encadenada de la floración. Con un buen equilibrio en el abonado y un correcto control ambiental, no tiene por qué haber problemas. Si las aguas tienen un bajo contenido en boro, es conveniente un aporte extra, pero sin pasarse, pues el margen entre la carencia y la toxicidad está muy próximo. En esta fase es apropiado provocar un ligero estrés hídrico para favorecer la floración, colocando las lecturas de los tensiómetros entre 18-20 centibares en caso que se disponga de ellos.

Solución tipo para esta fase:

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	C. E.	pH
8-10	2,5-3	3-3,5	5-6	3	2	1,5-2	6

Figura 21. Sandías en floración



Fuente: ilustraciones de A. J. Céspedes.

3. *Fase de engorde*: esta fase se desarrolla desde el cuaje hasta que el volumen final del fruto es del 80-90 %. Se extiende entre 20-25 días y es una fase muy importante en cuanto al consumo de agua, causando su falta pérdidas notables de producción. Las plantaciones llegan a un consumo de hasta 4-6 l/m² diarios. Los tensiómetros no deben de subir de 10-12 centibares.

Solución tipo para esta fase:

NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	C. E.	pH
14-16	1,5	2	5-6	5	2	1,5-1,8	6

Figura 22. Fruto en fase de engorde



Fuente: ilustraciones de A. J. Céspedes.

4. *Fase de maduración:* va desde el inicio de la maduración hasta la recolección y dura normalmente entre 20-22 días. Las necesidades de agua son menores, pero se debe tener en cuenta que en esta época las temperaturas son mayores al encontrarnos normalmente en primavera. La humedad en suelo debe ser parecida a la de la fase de floración (18-20 centibares en tensiómetro). En plantaciones en las que se dan varios riegos diarios, será conveniente ir suprimiendo los más próximos al mediodía, debido a las elevadas temperaturas, después los de la tarde y si es necesario pasar a riegos en días alternos. En la mayor parte de las variedades de sandía, en la fase de maduración siguen engordando.

Solución tipo para esta fase:

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	C. E.	pH
10	1,2-1,5	3	5-7	3	2	1,5-2	6

Figura 23. Estado de maduración de una sandía triploide



Estas soluciones nutritivas deberemos ir modificándolas a medida que avanzan los cultivos teniendo en cuenta todos los parámetros ya comentados. Resumiendo, podemos decir que las soluciones nutritivas tipo para cultivos hidropónicos y su aplicación al suelo estarían dentro de los siguientes rangos:

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	C. E.	pH
8-16	1,2-3	2-3,5	<1,5	0,2-0,5	3-7	3-5	1,5-2

Y las concentraciones de microelementos expresadas en micromoles/l:

Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
10,00	10,00	4,00	0,50	20,00	0,50

Nota a tener en cuenta sobre todo en el manejo de cultivos hidropónicos: El nitrógeno en la fase de maduración de los frutos pasa a acumularse en el drenaje si añadimos más de 10-11 mmoles/l en la solución nutritiva entonces, el balance de cationes y aniones es positivo para los aniones, expulsando la planta al medio protones para compensar la carga eléctrica, produciéndose bajadas drásticas en el pH del medio que puede llegar hasta 3,5. Se debe por tanto ir aumentando el pH de la solución, antes de que esto ocurra, y no bajar de pH 6,5 para mantener en raíz un mínimo de 5. De no tener esto en cuenta, se producen pérdidas de plantas, y las que no mueren presentan carencias de calcio.

5.4. Importancia de cada uno de los elementos nutritivos

Nitrógeno: influye en el desarrollo foliar y en el tamaño de los frutos, si bien un exceso puede provocar el rajado ellos. Su falta produce una sintomatología manifestándose como un amarilleamiento de las hojas que comienza en las basales. el crecimiento de la planta disminuye, con entrenudos cortos y hojas pequeñas. Si su falta es muy acusada el crecimiento se paraliza, el amarilleamiento se intensifica y se generaliza a toda la planta con defoliación de las hojas viejas.

Fósforo: es primordial para la abundante formación de flores y posteriormente de fruto, estimulando la precocidad de estos. Realiza un efecto fundamental para el estímulo del desarrollo radicular. Su carencia provoca un enanismo generalizado en la planta, acompañado de una reducción de los entrenudos y por la aparición de una coloración rojiza de las hojas basales, la cual si es muy acusada se transforma en punteaduras internerviales marrones que finalmente se necrosan. La carencia de fósforo puede venir inducida por un exceso de calcio y un elevado pH.

Calcio: su deficiencia aparece en las hojas jóvenes al ser un elemento poco móvil. Aparece una coloración blanquecina en el borde de las hojas, inhibiendo el crecimiento y curvándose al envés. La coloración forma un mosaico verde claro-verde oscuro. Si esta es muy acusada puede aparecer «blossom end rot» (especialmente cultivares de frutos cilíndricos en verano). Niveles altos de potasio y magnesio pueden inducir una carencia de calcio.

Magnesio: sus síntomas carenciales se inician en hojas adultas, en las cuales aparecen manchas amarillentas entre los nervios. Las hojas jóvenes se curvan haciéndose quebradizas. Si esta carencia es muy acusada, las hojas adquieren un tono amarillo apareciendo posteriormente zonas necrosadas.

Hierro: sus síntomas carenciales se manifiestan por una coloración amarillenta de las hojas jóvenes (debido a la poca movilidad del elemento por la planta), manteniéndose los nervios verdes e intensificándose conforme aumenta la carencia. Las carencias de hierro pueden ser directas, por ausencias del elemento en el medio, o bien por antagonismos con otros nutrientes como el fósforo, calcio y excesos de manganeso y cinc.

Manganeso: la sintomatología originada por su carencia es muy parecida a la de hierro, aunque se presenta en forma de manchas cloróticas amplias que al uNIRE hacen que todo el limbo foliar, salvo los nervios, estén amarillos.

Cinc: su carencia es poco conocida y los síntomas no están muy claros. Algunos síntomas de los descritos en bibliografía son decoloraciones entre los nervios de las hojas, llegando a necrosarse cuando es muy acusada, disminución del tamaño de la hoja y enanismo de la planta.

Boro: su adición mejora en muchos casos la calidad de los frutos, hace aumentar su riqueza en azúcar, facilita la fecundación de flores femeninas y da al fruto resistencia al calor y al agrietado. Los síntomas carenciales aparecen en hojas jóvenes, apareciendo una decoloración del borde, sobre todo en el ápice de la planta, produciéndose una inhibición del crecimiento, con un acortamiento de los entrenudos y el aborto sistemático de los frutos recién cuajados.

Molibdeno: las carencias aparecen con relativa frecuencia, produciéndose una decoloración de las hojas, que adquieren un tono amarillo-marfil, permaneciendo verdes las nerviaciones. Las hojas se secan por los márgenes, replegándose hacia arriba y dejando la planta de crecer.

A continuación se expone una tabla de extracciones de nutrientes en sandía durante un ciclo de cultivo. Estos datos variarán dependiendo del autor, de las variedades, de la densidad de plantación, duración del cultivo, condiciones climáticas... Los datos que se muestran son citados por Pomares García *et al* (1996).

Producción	Elementos extraídos (kg/ha)					Fuentes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Por tonelada de frutos	1,7	1,4	2,6	---	---	Pilsen <i>et al.</i> (1989), citado por Quesada <i>et al.</i> (1990)
Por tonelada de frutos	2,5	1,3	2,4	4,3	1,6	Quesada <i>et al.</i> (1990) en CIDA de Granada en cultivo al aire libre.
Por tonelada de frutos	1,4	0,6	1,7	1,2	0,4	Quesada <i>et al.</i> (1990) en CIDA de Granada en cultivo al aire libre.

También Reche (1994), señala como extracciones del cultivo de sandía para una producción de 40-60 t/ha las siguientes cantidades expresadas en kg/ha.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MGO
150-250	150	250-450	25-30

5.5. Importancia de una nutrición equilibrada

El nitrógeno es abundante en todos los órganos en la planta de sandía. También es abundante el fósforo, el cual se acumula sobre todo en los órganos encargados de la reproducción y en el sistema radicular. Decir que el fósforo es imprescindible en las primeras fases de elongación del tubo polínico. El potasio abunda en los frutos y en los tejidos conductores del tallo y las hojas. El calcio abunda en las hojas, donde se acumula a nivel de la lámina media de las paredes celulares y juega gran papel en la estructura de sostén.

Se puede indicar que una nutrición deficiente en nitrógeno produce una reducción del 25 % en el crecimiento total de la planta, con especial incidencia en el sistema radicular, aunque el resto de nutrientes se encuentren en niveles óptimos. Además, las concentraciones de nitrógeno disponibles influyen en la proporción parte aérea/raíz, de modo que aportes crecientes de este elemento de forma localizada, aumentarán la relación, tanto por el crecimiento de la parte aérea, como por la disminución de las raíces. La sal utilizada como fuente de nitrógeno también puede influir en el comportamiento de la planta, por la facilidad de asimilación de esta. Durante la floración una nutrición excesivamente nitrogenada puede producir una reducción del 35 % de las flores femeninas y de casi del 50 % de las hermafroditas.

Por otra parte la deficiencia en fósforo puede ocasionar la reducción del crecimiento de la parte aérea en un 40-50 %, lo cual se manifestará con la reducción del número de hojas y la superficie foliar, y en un 30 % de las raíces. Cuando coinciden niveles deficientes de fósforo y excesivo de nitrógeno en la floración y fecundación, se produce una reducción que puede llegar al 70 % del potencial de floración y por consiguiente una disminución considerable del número de frutos fecundados.

Una deficiencia grave de potasio en la etapa de floración llega a producir una reducción de hasta el 35 % del número de flores hermafroditas.

La acción de otros macroelementos secundarios (calcio, magnesio, azufre) sobre el crecimiento es ilimitada, aunque sobre la acción que ejercen en la elongación celular, puede producir en caso de deficiencia prolongada, una reducción del crecimiento que incluso puede originar necrosis foliar.

Por último mencionar la importancia de potasio y calcio sobre el desarrollo y la maduración de los frutos, jugando un papel fundamental en cuanto a la calidad y las cualidades organolépticas de estos.

5.6. Cuadros orientativos sobre los niveles en hojas de sandía

Niveles normales de nutrientes en hojas de planta adulta (% sms).

N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
4,5-5,3	0,6-0,7	4,5-5,8	1,2-1,8	0,4-0,7	0,3	< 0,1	---	> 80 ppm	> 60 ppm	10 ppm	> 35 ppm	> 30 ppm

- Valores de Fósforo superiores a 0,8 % se consideran altos y deberá vigilarse el origen de esta acumulación.
- Acumulaciones de magnesio suelen estar asociadas a deficiencias de potasio. Por ejemplo: 0,76 % de Mg asociado a 2,89 % de K.
- El valor del calcio va aumentando a lo largo del ciclo de cultivo.

Niveles deficientes de nutrientes en hoja de planta adulta (% sms).

N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
< 2,7	< 0,4	< 3,35	< 1,0	< 0,2	< 50 ppm	25 ppm	3 ppm	20 ppm	25 ppm	10 ppm	> 35 ppm	> 30 ppm

Relaciones normales en hojas de sandía.

N/K	N/Mg	K/Mg
1,50	5,29	3,53

6. Fisiopatías

6.1. Fisiopatías

Rajado del fruto

En frutos pequeños se produce sobre todo por un exceso de humedad ambiental, ocasionado por un cambio brusco de temperatura o por una mala ventilación. Aunque en menor medida, también influyen los cambios bruscos de C. E. (Infoagro) Otro factor que provoca el rajado de los frutos, son los cambios bruscos de humedad en el suelo unido a un aporte excesivo de N y K con el fruto maduro (Reche, *et al.*, 2000).

Aborto de frutos

Puede ocurrir por varias causas: excesivo vigor de la planta, autoaclorado de la planta, mal manejo del abonado y riego, elevada humedad relativa... (infoagro) En ocasiones la calidad del agua, excesivamente salina, no permite tomar a la planta la cantidad que necesita. Otras veces se produce debido a que la planta no toma toda el agua que necesita en días calurosos (Reche, *et al.*, 2000).

Figura 27. Fruto de sandía abortado



Asfixia radicular

Aparecen raíces adventicias y marchitamiento general de la planta por un exceso de humedad que provoca ausencia de oxígeno en el suelo. Se puede ver agravada por: suelo demasiado arcilloso, con mal drenaje, alta salinidad en suelo, elevada humedad ambiente, mal manejo del riego. Las sandías injertadas son más resistentes que las que no lo están (Infoagro).

Viciado de la planta

Se produce un desarrollo vegetativo excesivo con poca flor y cuajado deficiente. Es debido a un desequilibrio en la nutrición y a un excesivo aporte de agua. Se corrige equilibrando la nutrición y regulando el aporte de agua (Reche, *et al.*, 2000).

Corazón hueco

Se produce una disgregación de la pulpa del fruto en varias partes. Es debido a un desarrollo rápido del fruto inducido por exceso de agua con abo-

nados nitrogenados en forma nítrica. También se produce cuando el salto térmico es muy elevado (Reche, *et al.*, 2000).

Figura 28. Corazón hueco



Plateado necrótico

Se produce a veces en estado avanzado del cultivo en las hojas más viejas. Al principio aparece como clorosis internerviales que evolucionan a necrosis con aspecto plateado. Se atribuye a toxicidad por ozono. Aparece cuando hay condiciones de alta temperatura y fuerte luminosidad (Reche, *et al.*, 2000).

7. Recolección. Cuidados poscosecha. Mercados

Una vez que se ha alcanzado la madurez fisiológica de la sandía, llega el momento de la recolección, labor que en este fruto queda en manos de auténticos especialistas, debido a la complejidad de su realización. Una vez la maduración está en su grado óptimo, se recolecta para su comercialización por empresas especializadas. El contenido mínimo de sólidos solubles en este punto debe ser de 8 °Brix.

Algunos de los síntomas externos de maduración que indican que el fruto está para cosecharlo, son los siguientes (adaptado de Ferre *et al.*, 2000):

- La cama del fruto está totalmente amarilla.
- Desaparece la capa cerosa que cubre la piel del fruto.
- Desaparecen los pelos de la zona peduncular.
- El zarcillo que hay en el pedúnculo está completamente seco, o bien la primera hoja situada por encima del fruto está marchita.
- Al golpear el fruto con los dedos se produce un sonido sordo.

- Se desprende la piel de la sandía fácilmente al ser rayada con las uñas.
- Se produce un sonido apagado al ser oprimida la sandía entre las manos, como si se resquebrajase interiormente.
- En el punto de maduración el fruto pierde entre el 35-40 % de su peso máximo.

En condiciones normales, el tiempo que transcurre entre el cuajado y la maduración, es de aproximadamente 35-40 días en sandía sin injertar y entre 45-50 días en sandía injertada. Los rendimientos van a fluctuar bastante en función de múltiples variables que influyen sobre estos, considerándose válidas como producciones medias entre 4-5 kg/m² para sandía sin injertar y de 6-9 kg/m² para las injertadas.

Tras ser cortadas las sandías de las matas, estas serán apiladas separando por un lado las sandías con semillas y por otro las que no las tienen, estando a partir de aquí separadas ambas en todo momento. Posteriormente serán cargadas en unos boxes de gran capacidad para ser trasladadas a las cadenas de confección. Esta labor conviene realizarla en el menor tiempo posible, periodo en el cual se requiere de mucha mano de obra y que cuente con un buen estado físico. Una vez lleguen a las cadenas de confección, se acondicionan (limpian o cepillan) para eliminar algún resto que proceda del campo, y se preparan para ser envasadas siguiendo la normativa pertinente.

Según dicta el Diario Oficial de las comunidades europeas en las Normas Relativas a las Sandías, la presente norma a desarrollar se aplica a las sandías de las variedades procedentes de *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum, et nakai destinadas al consumo en estado fresco.

Hacemos mención de la temperatura y humedad óptima de conservación:

- *Temperatura óptima*: oscila entre 10-15 °C. Generalmente, la vida de almacenamiento es de 14 días a 15 °C y de hasta 21 días a 7-10 °C. Su gruesa corteza le permite aguantar en condiciones durante bastantes días a temperatura ambiental. Las condiciones comúnmente recomendadas y consideradas como prácticas aceptables de manejo para el almacenamiento de corto plazo o el transporte a mercados distantes (> 7 días) son 7,2 °C y 85-90 % HR. Sin embargo a esta temperatura las sandías son propensas al daño por frío. Muchas sandías todavía se embarcan sin enfriamiento o

sin refrigeración y se les mantiene así durante el tránsito. Estas frutas deben venderse rápidamente pues su calidad se reduce de forma rápida en estas condiciones.

- *Humedad relativa óptima*: oscila en torno al 85-90 %. Generalmente se recomienda una humedad relativa alta para reducir la desecación y la pérdida de brillo (<http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Sand%C3%ADa/> Fecha de consulta: 23/02/2015).

Por último comentar que en cuanto a los mercados, las perspectivas actuales de comercialización radican en el tamaño del fruto, ya que este tiene el problema de ser demasiado grande para los tamaños familiares de la sociedad europea, los cuales se están reduciendo considerablemente. Es por ello que en el fruto la tendencia probablemente sea hacia frutos de pequeño tamaño (inferior a 2 kg). Además, se está aumentando la cuota de mercado para cultivares sin semillas, y se tiende a la diversificación de tipos y al desarrollo de cultivares más uniformes en cuanto a las características organolépticas.

Las apetencias de calibres varían de unos países a otros, los de la ribera del Mediterráneo, sobre todo Italia y parte de Francia, además de algunos países árabes, prefieren las sandías gordas, más de 7 kg, mientras otras zonas como el Reino Unido consumen sandías pequeñas, con menos de 3 kg. Pero por lo general, la sandía más aceptada en los mercados está entre 4,5 y 6 kg (Ferre *et al.*, 2000). Aparte de los países nombrados, otros de los más consumidores son: Alemania, Austria, Suiza y los países Escandinavos entre otros.

Figura 29. Confección de sandías con diferentes calibres



8. Resumen del desarrollo de un cultivo de sandía en hidroponía y suelo

8.1. Hidroponía

Antes del trasplante:

1. Comprobar que la C. E. en la tabla esté en el óptimo indicado por el ingeniero, para la calidad de agua con que se cuenta. Para esto, puede ser necesario dar unos 6 riegos al día de unos 7 minutos cada hora durante 2 días, con el objeto de uniformar la C. E. en las bolsas de cultivo.
2. Si es sustrato usado, aplicar vía riego un fungicida, por ejemplo, 1 kg de metil tiofanato por hectárea repartido en 2 riegos.
3. Un día antes de plantar, dar unos 4 riegos de unos 5 o 6 minutos con solución nutritiva.
4. Hacer un tratamiento dirigido a suelo y estructura con fungicidas e insecticidas.

Durante el trasplante:

Atenerse al marco aconsejable según sea sandía injertada o sin injertar.

1. Observar las plantas procedentes del semillero y desechar las que no estén sanas.
2. El momento óptimo para el trasplante es cuando las plantas tienen la primera hoja verdadera bien formada (sandía sin injertar), o el injerto esté bien soldado (sandía injertada) y la raíz aparece por la base del taco en ambos casos.
3. El taco debe quedar bien sujeto a la tabla con la pinza del gotero y lo más horizontal posible.
4. Comprobar que el agujero de la piqueta no quede dentro del taco.

Después del trasplante:

1. Aplicar 1 litro de propamocarb por hectárea repartido en 2 riegos.
2. Comenzar el cultivo aplicando unos 2 o 3 riegos al día de unos 5 m.
3. Controlar desde el primer día las poblaciones de mosca blanca, así como trips y otros parásitos.

4. A partir de los 10-15 días comenzar a ajustar el drenaje.

Poda:

No es siempre una labor necesaria. Realizar cuando haya una dominancia apical fuerte, para estimular la emisión de tallos laterales. Seguir las indicaciones que se dieron en el apartado de manejo.

Floración y cuaje:

1. Meter la colmena cuando tengamos la planta bien desarrollada y un número suficiente de flores hembras.
2. Cuando la sandía esté en floración, hacer un análisis.
3. Como norma se aumentan los niveles de fósforo y potasio, se disminuye el nivel de nitratos, se aumenta la C. E. y se reduce el drenaje.
4. En sandía temprana es normal la aparición de frutos mal formados; quitarlos lo antes posible.
5. Vigilar el pH y el drenaje en la fase de cuaje, los cambios en los parámetros se producen en muy poco tiempo.
6. El número óptimo de sandías por planta puede oscilar de 3 a 5.
7. Quitar los frutos mal formados.
8. Recuerde:
 - Con menor número de frutos, más tamaño.
 - Con menor número de frutos, más precocidad.
 - Con menor número de frutos, más azúcar.

Engorde del fruto:

1. Una vez terminado el cuaje, bajar la C. E. de 0,3 a 0,5 puntos. Con aguas buenas de C. E., inferior a 0,8, consultar.
2. Mantener máximo drenaje del 30 al 35 % con aguas buenas, hasta la parada de los frutos.
3. En esta fase es muy importante que no falte agua.
4. Controlar que la C. E. no baje en la tabla.
5. Vigilar que el pH en la tabla no baje de 5.

6. Vigilar la aparición de *Botrytis* y *Micospharella*.

Parada de fruto:

1. Cuando el fruto esté parado, volver al drenaje normal entre el 20-25 % en aguas buenas.
2. En días nublados o lluviosos reducir los riegos.
3. Subir la C. E. entre 0,2-0,3 puntos.
4. Hacer análisis de solución del sustrato.

Recolección:

1. Controlar que no haya drenajes muy altos.
2. Tener mucho cuidado con el *Oidio* y la *Botrytis*, ya que son las principales enfermedades en esta fase del cultivo.
3. Dar tratamientos para *Oidio* con productos específicos y en lo posible no mezclar con otros productos.
4. Si hay días con lluvia, dar tratamiento contra *Mildiu*.
5. Mantener el fruto el menor tiempo posible cortado dentro del invernadero.

Al final del cultivo:

1. En los últimos 4 o 5 días, regar solo con agua, cuando queden pocas sandías en el cultivo.
2. Mantener el riego hasta el momento de cortar la planta.
3. Cortar la planta por encima del taco.
4. Dejar el invernadero lo más limpio posible por dentro y a su alrededor. Así se evita la aparición temprana de plagas en el próximo cultivo.

8.2. Suelo

Antes de comenzar con el desarrollo del cultivo en suelo, comentar que todo lo dicho anteriormente para hidroponía, puede ser aplicado con interpretaciones en los cultivos en suelo, considerándolo a este como el sustrato en uso. Y viceversa, parte de los comentarios posteriores para suelo, pueden ser aplicados en hidroponía.

Antes del trasplante:

1. Nivelación y preparación de la parcela destinada al cultivo.
2. Revisar los goteros, los caudalímetros y las presiones de riego.
3. Desinfectar el suelo y la estructura con un tratamiento general fungicida e insecticida.
4. El día antes del trasplante regar de 3 a 4 horas con agua clara, para bajar la C. E. del suelo y alcanzar la capacidad de campo de este.

Durante el trasplante:

1. Atenerse al marco aconsejable para sandía injertada en suelo.
2. Observar las plantas procedentes del semillero y desechar las que no estén sanas.
3. Se aconseja trasplantar por la mañana.
4. No utilizar para hacer los agujeros barras que compacten el terreno y den problemas de desarrollo radicular. Se recomienda hacer el agujero con escardillo.
5. Es aconsejable acolchar el terreno y usar tunelillos de plástico EVA o en su defecto, manta térmica. También puede ser conveniente la colocación de doble techo y cortinas para la parcelación del invernadero.
6. La situación correcta del cepellón es con la base tocando la tierra y posteriormente cubrirlo con la arena, sin que esta llegue al injerto.

Después del trasplante:

1. Regar 30 minutos con agua clara, justo después del trasplante.
2. Realizar cacharreo a los dos días del trasplante, o en su defecto aplicarlo por el goteo. Procurar que el caldo no alcance las hojas, evitando quemaduras. El caldo puede ser también aplicado por inmersión de la bandeja de semillero en el momento del trasplante.

	Aplicado o planta (250 cc/planta)	Por goteo (30 minutos o 1 l/gotero)
Propamocarb 72,2 %	1 cc/l	150 cc/1.000 m ²
Ácidos húmicos	4 cc/l	500 cc/1.000 m ²
Enraizante	1 cc/l	150 cc/1.000 m ²

3. Al cuarto día del trasplante se aplica un tratamiento foliar insecticida y fungicida, bajo el asesoramiento del ingeniero.
4. La primera semana después del trasplante regar diariamente con agua acidulada, lo necesario para mantener húmedo el cepellón.
5. Los siguientes diez días aproximadamente, abonar con un complejo 13-40-13 o sus variantes a la razón de 0,5-1 kg/1.000 m². Acompañar en un par de riegos con ácidos húmicos 0,5 l/1.000 m². En suelos salinos aplicar un desplazante de sales.
6. Iniciar solución nutritiva.
7. Es aconsejable el uso de tensiómetros para establecer los ciclos y las frecuencias de riego.

Poda:

No es siempre una labor necesaria. Realizar cuando haya una dominancia apical fuerte, para estimular la emisión de tallos laterales. Seguir las indicaciones que se dieron en el apartado de manejo.

Floración y cuaje:

1. Los despuntes favorecen la floración
2. Procurar mantener el clima adecuado.

Temperatura diurna	Temperatura nocturna	Humedad relativa
25 °C	18 °C	60-75 %

3. Disminuir los ciclos y las frecuencias de riego, incrementar la C. E., incrementar niveles de fósforo y potasio, y disminuir nitratos.
4. Es factible aplicar tratamientos vigorizantes de viabilidad del polen y mejoradores de la floración. Emplear productos a base de boro, molibdeno, fósforo, calcio, aminoácidos, etc., debidamente seleccionados en cada caso.
5. Aplicar tratamiento insecticida respetuoso con la fauna apícola.
6. Introducir las colmenas de abejas cuando tengamos la planta bien desarrollada y un número suficiente de flores hembra. Colocarlas a razón de 4 a 6 por hectárea, con las salidas al este, protegiéndolas de las altas temperaturas y que tengan un buen estado sanitario.

7. Dejar el número adecuado de frutos por planta, quitando aquellos que estén mal formados.

Engorde del fruto:

1. Una vez terminado el cuaje bajar la C. E.
2. En esta fase es muy importante que no falte agua.
3. Comprobar que no baje mucho la C. E. del suelo.
4. Vigilar la aparición de *Botrytis* y *Micospharella*.

Parada de fruto:

1. Cuando el fruto esté parado comenzar a disminuir riegos.
2. En días nublados o lluviosos regar menos o no regar.
3. Aumentar la C. E.

Recolección:

1. Controlar que no se riegue en exceso.
2. Tener mucho cuidado con *Oidio* y *Botrytis*, ya que son las principales enfermedades en esta fase del cultivo.
3. Dar tratamiento para el *Oidio* con productos específicos y en lo posible no mezclar con otros productos.
4. Si hay días con lluvia, dar tratamiento contra *Mildiu*.
5. Mantener el fruto cortado el menor tiempo posible en el invernadero.

Al final del cultivo:

1. En los últimos 4 o 5 días, regar solo con agua, cuando queden pocas sandías en el cultivo.
2. Mantener el riego mientras quede alguna sandía por recolectar.
3. Cortar la planta a ras de suelo.
4. Dejar el invernadero lo más limpio posible por dentro y a su alrededor, así se evita la aparición temprana de plagas en el próximo cultivo.

Referencias bibliográficas

- APARICIO SALMERÓN, V.; RODRÍGUEZ, M. D.; SÁEZ, E.; BELDA, J. E.; CASADO, E. y LASTRE, J. (1995): *Plagas y enfermedades de los principales cultivos hortícolas de la provincia de Almería: Control racional*. Dir. Gral. de Investigación Agraria. Sevilla.
- BLANCARD, D.; LECOQ, H. y PITRAT, M. (1996): *Enfermedades de las Cucurbitáceas. Observar, identificar, luchar*. Ediciones Mundi-Prensa Libros SA. Madrid.
- CABELLO GARCÍA, T. et al. (2008): *Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en los cultivos hortícolas en invernadero*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla.
- CAMACHO FERRE, F. (coord.) (2000): *Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español*. Editado por Cajamar Caja Rural. Almería.
- CAMACHO FERRE, F. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, E. J. (1997): *Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción, precocidad y calidad del fruto en Almería*. Editado por Cajamar Caja Rural. Almería.
- CÁNOVAS MARTÍNEZ, F. y DÍAZ ÁLVAREZ, J. R. (ed.) (1993): «Cultivos sin suelo»; *Curso superior de especialización*. Almería.
- CHAVAGNAT (1972): «Le greffage du melon dans l'Ouest de la France»; *PHM* (123).
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1997): «Anexo II»; *Normas Relativas a las Sandías* (L 158/25).
- GONZÁLEZ TORRES, R.; MELERO VARA, J. M. y VELASCO, V. (1990): «Virulencia, importancia, distribución y control integrado de la Fusariosis vasculares del melón y la sandía en Almería»; *Memoria 1989-90*. FIAPA.
- LÓPEZ RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, J. P.; NAVAS, J. A.; ORTIZ, F.; LÓPEZ, J.; JUSTICIA, L. y FERNÁNDEZ, M. (1999): *Cultivos Hortícolas II. Plagas y Enfermedades*. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Junta de Andalucía. Sevilla.
- MARÍN RODRÍGUEZ, J. (2008): *Portagrano. Vademécum de Variedades Hortícolas*. Editado por José Marín Rodríguez. Almería.

- MAROTO, J. V. (1995): *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones Mundi-Prensa Libros SA. Madrid.
- MARTÍNEZ CALDEVILLA, E. y GARCÍA LOZANO, M. (1993): *Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo*. Ediciones de Horticultura SL. Reus.
- NAMESNY VALLESPÍR, A. (coord.) (1997): *Melones*. Ediciones de Horticultura SL. Reus.
- NAVAS BECERRA, J. A.; LÓPEZ, M.; ORTIZ, F.; GIL, C.; LIROLA, J.; GONZÁLEZ, A.; AGUILAR, M. I. y FERNÁNDEZ, M. (1999): «Cultivos Hortícolas I»; *Técnicas de Cultivo*. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Junta de Andalucía. Sevilla.
- RECHE MARMOL, J. (1995): *Cultivo de la sandía en invernadero*. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.
- REGLAMENTOS ESPECÍFICOS DE PRODUCCIÓN INTEGRADA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (2007): «Orden 10 de octubre de 2007»; *BOJA* (212). 25 de octubre de 2007.
- SERRANO CERMEÑO, Z. (1985): *Prontuario del horticultor. Más de 10.000 datos útiles*. Editado por Zoilo Serrano Cermeño. Sevilla.
- Suzuki, E. (1972): *Sandía de Yamato*. Folleto informativo.

Injertos y portainjertos en sandía

Alfredo Miguel Gómez

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

1. Injerto

El injerto en la sandía en España es, desde hace más de 20 años, una práctica habitual. Se impuso, porque era competitivo, cuando el bromuro de metilo era un desinfectante de suelo autorizado. El injerto es verdaderamente eficaz para el control de las enfermedades de suelo que afectan a la sandía: la fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*), el colapso por destrucción del sistema radicular producida por *Monosporascus cannonballus* y el virus del cribado del melón (*Melon Necrotic Spot Virus*), entre otros de menor importancia. Además, contribuye a la reducción de inóculo de la enfermedad en el suelo.

Figura 1. Eficiencia del injerto. En el centro, parcela sin injertar.



El injerto, como técnica no contaminante para el producto final ni para el medioambiente (es «eco» y es «bio») y no peligrosa en su manejo, se ha extendido en numerosos países como alternativa al empleo del bromuro de metilo.

El injerto en la sandía aumenta sustancialmente el vigor de la planta, lo cual repercute muy favorablemente en el coste de esta práctica. La mayor parte del importe de la planta injertada corresponde a mano de obra y ciertamente el injerto es una parte sustancial de la industria de producción de planta hortícola.

Figura 2. Taller de injertos



Una ventaja no despreciable, sobre todo en cultivos de primor, es que los patrones que se emplean en el cultivo de sandía hacen la planta más tolerante al frío y permiten una plantación más temprana.

2. Métodos de injerto

Hay métodos de injerto de dos tipos, según que durante el período de prendimiento la variedad conserve o no su sistema radicular. En el primer caso no se requieren unas condiciones ambientales tan estrictas en el período de soldadura entre las dos plantas. Cuando el injerto se realiza entre dos plantas una de las cuales, a veces las dos, no tiene raíz, la temperatura y la humedad relativa deben mantenerse en condiciones óptimas, con estrecho margen de oscilación.

2.1. Injerto de aproximación

De todos los procedimientos, este es el más utilizado en España, con mucha diferencia sobre los demás. Su principal ventaja respecto a los otros es la menor sensibilidad a las condiciones ambientales durante la fase de soldadura. Si la climatización del invernadero donde se realizan los injertos no es muy buena, este es el procedimiento con el que se consiguen, sin ninguna duda, los mejores porcentajes de prendimiento.

Con este método ambas plantas, el patrón y la variedad, se unen mediante un corte en el hipocótilo de cada una, de manera que una lengüeta de la variedad apoye en la del patrón. Se ligan ambas plantas, tapando el corte y se plantan en una maceta o alveolo de mayor tamaño.

Figura 3. Injerto de aproximación



El enraizamiento en la maceta de trasplante es rápido. Una vez unidas las plantas se corta el tallo de la variedad por debajo del injerto.

Figura 4. En fase de soldadura



La unión se efectúa entre una parte de la sección del tallo del patrón y una parte de la sección de la variedad, lo que supone fragilidad de la planta en los primeros momentos y especialmente durante la plantación (luego se hace la unión suficientemente resistente).

No obstante, existe la posibilidad de franqueo (enraizamiento del tallo de la variedad), con el riesgo de que se produzca una infección desde el suelo (virus del cribado del melón, MNSV) a pesar del injerto.

2.2. Injerto de púa en hendidura

Una púa de la variedad, formada por la plantita cortada por debajo de los cotiledones y a la que se le ha hecho un bisel, se incrusta en un corte que se hace entre los cotiledones del patrón, el cual está ya en su maceta definitiva.

Figura 5. Púa



Las principales ventajas respecto al injerto de aproximación consisten en que no necesitan manipulación adicional (corte del tallo de sandía) después del injerto y que la unión, en el momento de la plantación, es mucho más robusta que con el otro procedimiento.

El mayor inconveniente es que necesita de climatización adecuada en el invernadero. Temperaturas bajas o altas y, sobre todo, una bajada en la humedad relativa antes de que se haya establecido una buena comunicación entre los vasos del patrón y la variedad, es de consecuencias irreversibles para las púas.

En el momento del injerto el patrón tiene raíz, pero la variedad, no.

La unión se produce entre toda la sección del tallo de la variedad y parte de la del patrón. Eso proporciona solidez de la unión en el momento de la plantación.

2.3. Injerto de brote

Es un injerto de púa en el que se sustituye la plantita de la variedad por un extremo de rama de unos 5 cm de longitud al que se le ha hecho un bisel en la parte inferior. Esta púa se introduce en la hendidura del patrón como en el caso anterior.

2.4. Adosado

Es un procedimiento de más reciente introducción y puede efectuarse manualmente o mediante máquinas automáticas. Se está extendiendo rápidamente aunque para su ejecución se requieren instalaciones más completas que para el injerto de aproximación.

Figura 6. Planta preparada para injerto adosado



Al patrón se le corta la raíz y el ápice vegetativo junto con uno de los cotiledones.

La sandía, cortada por el hipocótilo se une al portainjertos sujetándola con una pinza. La planta injertada se clava en el sustrato y se lleva a la cámara donde se produce simultáneamente el enraizamiento del patrón y la soldadura del injerto ya que, en el momento del injerto, ni el patrón ni la variedad tienen raíz.

Figura 7. Adosado



La unión se produce entre toda la sección del tallo de la variedad y casi toda la del patrón. Desde el primer momento la unión es sólida y la planta vigorosa.

2.5. Doble adosado

Su finalidad es mejorar la compatibilidad entre el patrón y la variedad, para lo cual se emplea un injerto intermedio de una variedad que tenga buena afinidad con los dos anteriores.

Figura 8. Planta preparada para doble adosado



Es un método similar al anterior, con la diferencia de que entre las dos plantas se introduce una tercera, el patrón intermedio, a la que se le ha cortado un cotiledón como al portainjerto y el hipocótilo, como a la variedad.

Figura 9. Doble injerto



El extremo inferior del tallo del patrón, con las dos plantas injertadas, se clava en el sustrato.

2.6. Inserción

En este método al portainjertos se le clava un «punzón de bambú» en la parte superior del patrón, de forma que salga por debajo del cotiledón.

Figura 10. Perforación del portainjerto



La sandía, cortada por el hipocótilo se introduce en la perforación de manera que los cortes de ambas plantas queden en contacto y la púa bien sujeta, puesto que no se ha de utilizar pinza ni cinta de amarre.

Figura 11. Inserción



2.7. Inserción lateral

Similar al de inserción, pero la púa se introduce en un lateral del hipocótilo.

2.8. Dakitsugi

Es un sistema pensado para solanáceas, pero se puede utilizar en cucurbitáceas sin inconveniente.

Al portainjertos se le hace una incisión como para el sistema de púa.

A la variedad se le hacen dos escotaduras a ambos lados del hipocótilo y el tallo de la variedad se introduce en la incisión del portainjertos de manera que coincida con las escotaduras. La raíz de la variedad queda simplemente apoyada en el sustrato del patrón.

Figura 12. Dakit Sugi



Una vez terminado el período de prendimiento, se corta la raíz de la variedad.

Por tanto, como en el injerto de aproximación, durante el período de prendimiento las dos plantas conservan su raíz.

2.9. Circular

Se realiza por medio de una máquina que corta el hipocótilo de la variedad y afila su extremo en una punta cónica. En el patrón, entre los cotiledones hace un hoyo cónico en el que introduce el brote de la variedad, sin necesidad de utilizar ninguna pinza de sujeción.

3. Comparación de los métodos de injerto

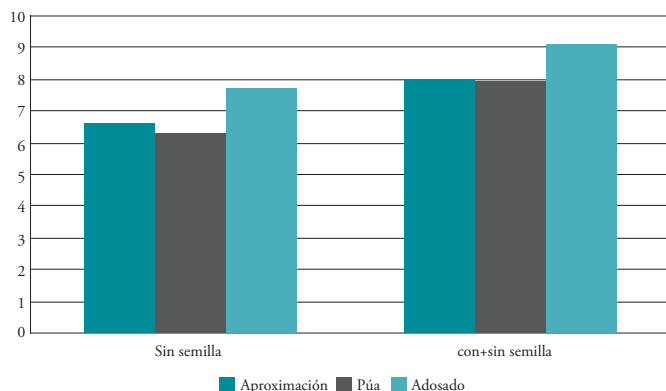
En principio, las plantas injertadas por cualquier método que garantice una buena unión y especialmente una buena conexión entre los haces vasculares de las dos plantas, van a tener un comportamiento similar durante el cultivo. Las diferencias más importantes están en la misma ejecución del injerto, en las condiciones necesarias para obtener un buen prendimiento y en la eficacia del trabajo invertido.

También hay algunas diferencias en cuanto que unos métodos facilitan la conexión de los haces vasculares en mayor medida que otros y pueden dar, por lo tanto, plantas que, en los primeros momentos, se desarrollan con más vigor que las injertadas por otros procedimientos.

En experimentos de hace unos años se habían comparado los procedimientos de injerto que entonces se practicaban; aproximación y púa. En las comparaciones realizadas no se observaron diferencias de producción ni de calidad del fruto entre las plantas injertadas por aproximación y púa. Más recientemente, en otro experimento, el injerto adosado ha tenido un mejor comportamiento en el campo que los de aproximación y púa.

El doble injerto puede servir para mejorar la compatibilidad entre plantas que tienen poca afinidad entre ellas, si el patrón intermedio es compatible con las otras dos plantas. También se ha pretendido utilizar el injerto doble para combinar mayor resistencia a enfermedades y mejor calidad del fruto. Este sistema no se ha utilizado en sandía más que con fines experimentales.

Gráfico 1. Producción en función de los métodos de injerto. En kg/m²



Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2005)

En la comparación de métodos de injerto nunca hemos observado diferencias significativas de tamaño o de calidad del fruto ni en los primeros (aproximación y púa), ni en los posteriores (aproximación, púa y adosado).

4. Qué portainjertos se utilizan

Se pueden utilizar como portainjertos de sandía una extensa gama de especies de cucurbitáceas, de los géneros Cucurbita, Lagenaria, Benincasa, Citrullus y Praecitrullus (*P. fistulosus*).

Figura 13. Varias especies utilizadas como patrones de sandía



En suelo contaminado, la sandía injertada sobre numerosos patrones resiste mejor la infección, es más productiva y proporciona frutos de más tamaño que la sandía sin injertar.

Los portainjertos que normalmente se utilizan pertenecen a alguno de estos grupos:

- Híbridos de Cucurbita (*C. maxima* x *C. moschata*): son los más utilizados. Además de una completa resistencia a la Fusariosis, la principal enfermedad de la sandía, estos patrones son también tolerantes al llamado «colapso» pero sensibles a *Phytophthora capsici*, que puede llegar a ser un nuevo problema. No se han observado nunca síntomas de

incompatibilidad entre estos patrones y la sandía. La unión es buena en todos los casos. La raíz permanece sana durante todo el cultivo excepto en casos de fuerte infección de nematodos. Confiere mucho vigor a las plantas y las hace muy productivas, normalmente más que las injertadas sobre otros patrones y con frutos de gran tamaño. Raramente se aprecian diferencias significativas de producción atribuibles a distintos portainjertos de este tipo. La acumulación de azúcar en los frutos de plantas injertadas se produce más tarde que en las no injertadas, aunque el cambio de color se haya efectuado a la vez. La recolección debe retrasarse unos días.

Figura 14. Frutos de distintos portainjertos de *cucurbita* híbrida



- *Lagenaria siceraria*: se utiliza poco en España, pero probablemente es la más empleada como portainjertos de sandía en los países orientales. Es resistente al *Fusarium* de la sandía, pero susceptible a uno propio, *F. oxysporum* f. sp. *lagenariae* (se están seleccionando líneas resistentes) y al «colapso». Se ve menos afectada por nematodos que los híbridos de *Cucurbita* y es resistente a *Phytophthora capsici*. Tiene el sistema radicular más superficial y es menos tolerante al calor y la sequía. Confiere menos vigor y generalmente dan menor producción que los portainjertos anteriores. Hace algo menos de tamaño de fruto y a veces más azúcar, pero las diferencias, pequeñas en ambos casos, no llegan a compensar la disminución de producción.

Figura 15. *Lagenaria*



- *Citrullus lanatus*: Se trata de algunas líneas de *Citrullus lanatus*, *C. lanatus* var. *citroides* o *C. colocynthis* o de híbridos entre ellas. Son resistentes a todas las razas conocidas del *Fusarium* de la sandía y a nematodos. En suelo contaminado por esta plaga pueden tener un comportamiento mejor que *C. híbrida*. La productividad de las plantas injertadas sobre este patrón es mejor que las de *Lagenaria* y similar o inferior a las de *C. híbrida*. Nosotros no hemos apreciado mejora sustancial en la calidad respecto a otros patrones, aunque algún cultivador considera que con este patrón los frutos son mejor que los de plantas injertadas sobre *Cucurbita* e indistinguibles de los no injertados.

Figura 16. *Citrullus*

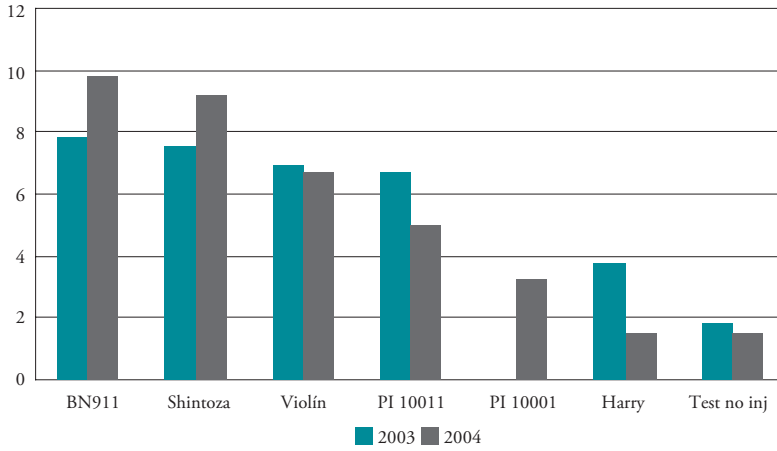


- *Cucurbita* sp.: también se puede utilizar como portainjertos de sandía otras especies y variedades de *Cucurbita*, tal como la Calabaza de violín (*C. moschata*) así como algunas variedades de *C. máxima*. Todas ellas son resistentes al Fusarium de la sandía, pero su afinidad debe ser comprobada previamente, ya que no todas las variedades y líneas son compatibles con ella.

Figura 17. Otras *curcubitas*

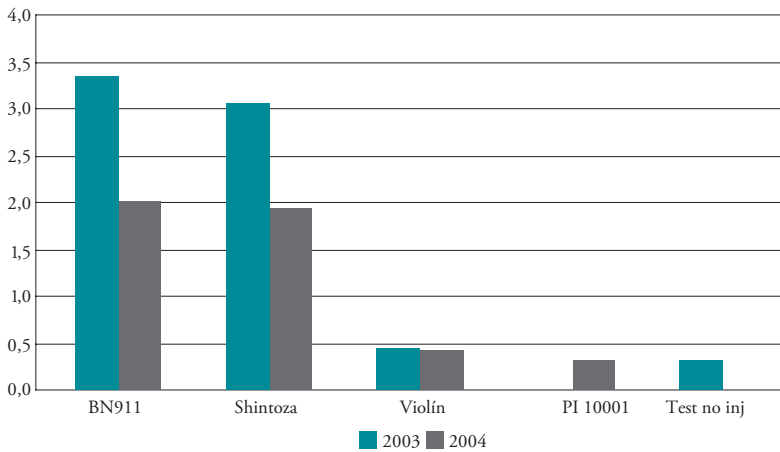


Gráfico 2. Comparación de portainjertos. L'Alcudia producción comercial. En Kg/m²



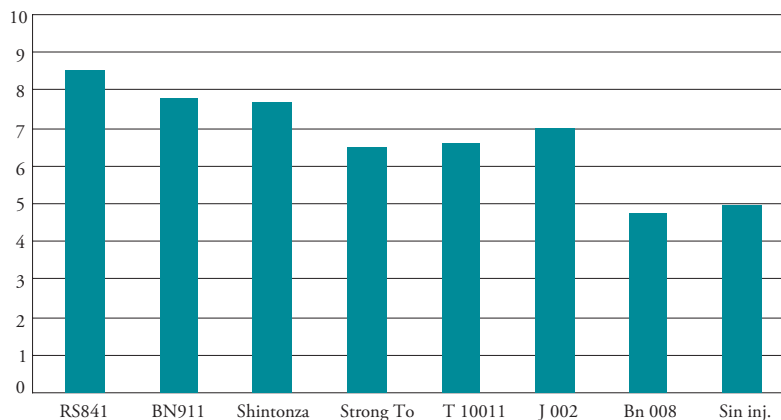
Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2007).

**Gráfico 3. Índice de nematodos (escala 0-5).
BN 911 y Shintoza (*C. híbrida*), Violín (*C. moschata*), Robusta (*Citrullus sp.*),
Lagenaria, Harry (*Sycios angulatus*). Var. Reina**



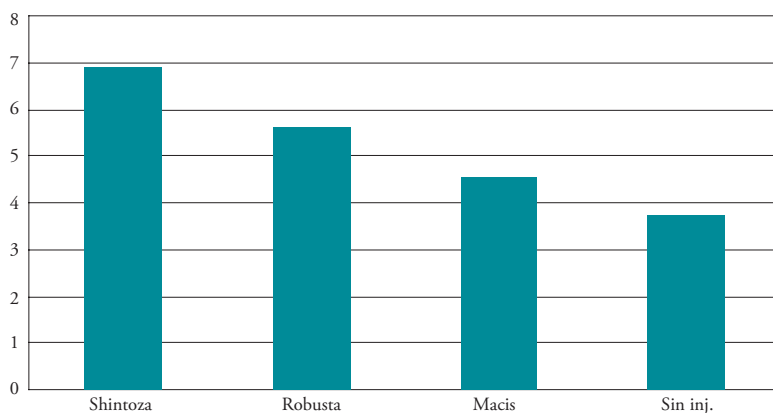
Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2007).

Gráfico 4. Producción comercial. En kg/m²
RS 841, BN 911 y Shintonza (*C. híbrida*), T 10011 (*Citrullus sp.*), J 002
y BN 008 (*Lagenaria*). Var. Precious petite



Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2005).

Gráfico 5. Producción comercial. En kg/m²
Shintonza (*C. híbrida*), Robusta (*Citrullus sp.*), Macis (*Lagenaria*). Var. Mielhart.
Año 2003



Fuente: Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (2007).

Tabla 1. Portainjertos para cucurbitáceas

Portainjertos	Empresa	Especie	Cultivos recomendados por empresa
Azman RZ	Rijk Zwaan	<i>C. maxima</i> x <i>C. moschata</i>	Pepino Sandía
Carnivor	Syngenta		
Ercole	Nunhens		
F-33	Fitó		Sandía
F-90	Fitó		Sandía
Ferro RZ	Rijk Zwaan		Melón Sandía
Pelops	Rijk Zwaan		Sandía
Hércules	Ramiro Arnedo		Sandía Melón
Patrón	Clause		Sandía
RS-841	Séminis		Sandía Melón
Shintosa Camelforce	Nunhems		Melón
Shintoza	Intersemillas		Sandía
Squash n° 3	Sakata		Sandía
Strong Tosa	Syngenta		Melón Sandía
Titán	Ramiro Arnedo		Sandía
Ulises	Ramiro Arnedo		Sandía Melón
T-158	Takii		Sandía
Accent	Nunhems	<i>Cucumis melo</i>	Melón
Magnus	Clause		Melón
Robusta	Intersemillas	<i>Citrullus</i> sp.	Sandía

Fuente:

5. Líneas de mejora de portainjertos

La mejora de portainjertos de cucurbitáceas se efectúa principalmente en China (muchas empresas occidentales trabajan allí), en Japón y en Corea.

Algunos portainjertos actualmente disponibles son el resultado del *screening* del germoplasma existente, aunque en este momento está aumentando la hibridación de diferentes germoplasmas para obtener nuevo material utilizable, que resulta a veces de alta calidad. La compatibilidad limita las especies utilizables en cruzamientos a unas pocas genéticamente relacionadas.

Las nuevas combinaciones de genes proporcionan nuevas posibilidades pero también crean nuevos problemas. Esto supone que la evaluación del nuevo material debe hacerse con distintas variedades y ambientes. Se estima que hay actualmente unos 600 portainjertos de cucurbitáceas en diversos grados de experimentación. La mayoría son híbridos interespecíficos, pero también hay *Lagenaria*, *Citrullus*, *Praecitrullus*, *Cucurbita ficifolia* y *Benincasa*.

Una técnica de trabajo es la introducción de genes de otras especies (transgénicos) que mejoren alguna de las propiedades del portainjertos. Posiblemente la característica de OGM sea mejor admitida (probablemente no detectada en el fruto comercial) en portainjertos que en las variedades de sandía.

Se ha contemplado también la posibilidad de multiplicación vegetativa de los portainjertos mediante el empleo de planta *in vitro*.

Una línea de trabajo fundamental es la incorporación de resistencia a enfermedades. A este respecto está la selección de líneas de *Lagenaria* resistentes al *Fusarium oxysporum* f. sp *lagenariae* y a *Didymella brioniae*.

Se está trabajando en la creación de portainjertos (del género *Citrullus*) transgénicos, con resistencia a CGMMV (Cucumber Green Mottle Mosaic Virus) y en la selección de otros del género *Praecitrullus* con resistencia a ZYMV y tolerancia a nematodos.

Los nematodos son un grave problema en muchas de las plantas injertadas. Los portainjertos sensibles no solo acusan la disminución de producción y calidad sino que contribuyen al incremento del inóculo en el suelo. La resistencia a nematodos es una línea prioritaria de mejora. Se está considerando tanto a través de la utilización de material de *Citrullus lanatus* var. *citroides*, *C. colocyntis* o sus híbridos, así como de la introducción de genes de otras especies (*Cucumis myriocarpus* o *Momordica*).

Figura 18. Raíz de *curcubita híbrida* afectada por nematodos

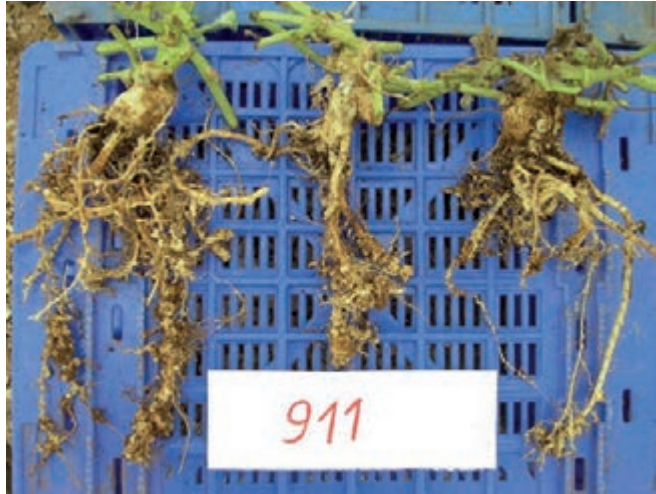


Figura 19. Raíz de *citrullus* sin nematodos en el mismo experimento



Otro objetivo de mejora es la tolerancia a salinidad y de la calidad del fruto, mediante la incorporación de un gen de *Arabidopsis*, que aumenta la capacidad de transporte de Ca.

Normalmente los portainjertos aumentan el vigor pero también hay alguna línea de mejora que contempla la realización de patrones menos vigorosos, para su cultivo en invernadero.

Referencias bibliográficas

- BOYHAN, G. E.; LANGSTON, D. B.; GRANBERRY, D. M.; LEWIS, P. M. y LINTON D. O. (2003): «Resistance to Fusarium Wilt and Root-knot Nematode in Watermelon Germplasm»; *Cucurbit Genetics Cooperative Report* (26).
- CHIU, Y. C.; CHEN, S. y CHANG, Y. C. (2010): «Development of a Circular Grafting Robotic System for Watermelon Seedlings»; *Appl. Eng. Agric.* 26(6).
- COLLA, G.; FANASCA, S.; CARDARELLI, M.; ROUPHAEL, Y.; SACCARDO, F.; GRAIFENBERG, A. y CURADI, M. (2005): «Evaluation of salt tolerance in rootstocks of Cucurbitaceae»; *Proc. of the Int. Symp. on Soilless Culture and Hydroponics Acta Hort.* (697).
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; SALERNO, A. y REA, E. (2010): «The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon»; *Environ. Exp. Bot.* 68(3).
- DAVIS, A.; PERKINS-VEAZIE, P.; HASSELL, R.; LEVI, A.; KING, S. R. y ZHANG, X. (2008): «Grafting effects on vegetable quality»; *HortScience* 43(6).
- DAVIS, A. R.; PERKINS-VEAZIE, P.; SAKATA, Y.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V.; LEE, S. G.; HUH, Y.; SUN, Z.; MIGUEL, A.; KING, S. R. y COHEN, R. (2008): «Cucurbit Grafting»; *Crit. Rev. Plant Sci* (27).
- EDELSTEIN, M.; OKA, Y.; BURGER, Y.; EIZENBERG, H. y COHEN, R. (2010): «Variation in the response of cucurbits to Meloidogyne incognita and M. javanica»; *Isr. J. Plant Sci.* 58(1).
- HAN, J. S.; PARK, S.; SHIGAKI, T.; HIRSCHI, K. y KIM, C. K. (2009): «Improved watermelon quality using bottle gourd rootstock expressing a Ca(2+)/H(+) antiporter»; *Mol.Breed.* 24(3).
- HUH, Y. C.; OM, Y. y LEE, J. M. (2002): «Utilization of Citrullus germplasm with resistance to fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp *niveum*) for watermelon rootstocks»; *Proc. of the Int. Symp. on Cucurbits. Acta Hort.* (588).

- HUITRON, M. V.; RODRIGUEZ, N.; DIAZ, M. y CAMACHO, F. (2008): «Effect of Different Rootstocks on the Production and Quality of Watermelon cv. Reina de Corazones. *Proc. of the Int. Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions*»; *Acta Hort.* (797).
- ITO, L. A.; BRAZ, L. T.; CASTOLDI, R. y CHARLO, H. C. O. (2008): «Response of Rootstocks to Stem Canker and the Production and Quality of Melon under Protected Cultivation. *Proc. of the Int. Symp. on Seed Enhancement and Seedling Production Technology*. *Acta Hort.* (771).
- JIFON, J. L.; CROSBY, K. M.; LESKOVAR, D. I. y MILLER, M. (2008): «Possible physiological mechanisms for resistance to vine decline diseases in grafted watermelons»; *Proc. of the 10th Int. Symp. on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops: Translating Seed and Seedling Physiology into Technology*. *Acta Hort.* (782).
- KING, S. R.; DAVIS, A. R.; ZHANG, X. y CROSBY, K. (2010): «Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae»; *Scientia Horticulturae* 127(2).
- KOUSIK, C. S.; ADKINS, S.; ROBERTS, P. D. y HASSELL, R. (2007): «Evaluation of commercial watermelon rootstocks for tolerance to Phytophthora blight and watermelon vine decline»; *HortScience* 42(3).
- LEE, J. M.; KUBOTA, C.; TSAO, S. J.; BIE, Z.; HOYOS ECHEVARRIA, P.; MORRA, L. y ODA, M. (2010): «Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation»; *Scientia Horticulturae* 127(2).
- LEVI, A.; THIES, J. A.; LING, K.; SIMMONS, A.; KOUSIK, C. S.; WECHTER, W. P. y HASSELL, R. (2010): «Phylogenetic Relationships among Cucurbit Species Used as Rootstocks for Grafting Watermelon»; *HortScience* 45(4).
- MIGUEL, A. y CAMACHO, F. (2010): «El injerto en hortalizas como técnica para el control de los patógenos de suelo»; en TELLO, J. C. y CAMACHO, F. (coord.) *Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos*. Ed. Fundación Cajamar.
- MIGUEL, A.; DE LA TORRE, F.; BAIXAULI, C.; MAROTO, J. V.; JORDÁ, M. C.; LÓPEZ, M.M. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2007): *Injerto de hortalizas*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- PARK, S.; LEE, J.; JEGAL, S.; JEON, B.; JUNG, M.; PARK, Y.; HAN, S.; SHIN, Y.; HER, N.; LEE, J.; LEE, M.; RYU, K.; YANG, S. y HARN, C. (2005): «Transgenic watermelon rootstock resistant to CGMMV (*cucumber green mottle mosaic virus*) infection»; *Plant Cell Rep.* 24(6).

- POFU, K. M. y MASHELA, P. W. (2011): «Using relative penetration and maleness indices in *Meloidogyne incognita* to establish resistance type in *Cucumis myriocarpus*»; *African Journal of Biotechnology* 10(3).
- SAHA, S. y KAZUMI, H. (2007): «In vitro micropropagation of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*; *cucurbitaceae*): Prospective rootstocks for the grafting of watermelon and other cucurbits»; *Proc. of the IIIrd Int. Symp. on Cucurbits. Acta Hort.* (731).
- SAN BAUTISTA, A.; CALATAYUD, A.; NEBAUER, S. G.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V. y LÓPEZ-GALARZA, S. (2011): «Effects of simple and double grafting melon plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield»; *Scientia Horticulturae* 130(3).
- THIES, J. A.; ARISS, J. J.; HASSELL, R. L.; OLSON, S.; KOUSIK, C. S. y LEVI, A. (2010): «Grafting for Management of Southern Root-Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*, in Watermelon»; *Plant Dis.* 94(10).
- WU, F.; LIU, B. y ZHOU, X. (2010): «Effects of root exudates of watermelon cultivars differing in resistance to *Fusarium* wilt on the growth and development of *Fusarium oxysporum* f. sp *niveum*»; *Allelopathy Journal* 25(2).
- YETISIR, H. y UYGUR, V. (2010): «Responses of Grafted Watermelon Onto Different Gourd Species to Salinity Stress»; *J.Plant Nutr.* 33(3).
- YOUK, E. S.; PACK, I. S.; KIM, Y. J.; YOON, W. K.; KIM, C. G.; RYU, S. B.; HARN, C. H.; JEONG, S. C. y KIM, H. M. (2009): «A framework for molecular genetic assessment of a transgenic watermelon rootstock line»; *Plant Science* 176(6).

Tendencias en las técnicas de injertos en cucurbitáceas

Fernando de la Torre Martínez

Tecnobioplant semillero

1. Introducción

1.1. Definición

Los injertos o plantas injertadas son el resultado de la unión de dos plantas afines (patrón + variedad) modificadas mediante la técnica de injertado, permitiendo cultivar especies sensibles a ciertos patógenos sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de patrones resistentes y la parte aérea de la variedad a cultivar.

Los semilleros profesionales son empresas agrícolas de servicios destinados a la producción de plantas hortícolas en general y plantas injertadas con técnicas especiales, transformando las semillas en plántulas de calidad con las debidas garantías vegetativas y fitosanitarias; ofreciendo a su vez un asesoramiento técnico para la elección de variedades, fechas óptimas de trasplante, seguimiento postrasplante y recomendaciones de cultivo idóneas.

1.2. Evolución

El constante avance de la horticultura mediterránea de los últimos cuarenta años ha llevado consigo el desarrollo de todos los sectores hortofrutícolas y de su industria auxiliar, tales como: sistemas de riego, estructuras de invernadero, plástico, semillas, fertilizantes, sistemas de cultivo, control de clima, semilleros, etc.

De forma paralela al desarrollo de todas las técnicas agronómicas de cultivo, se han ido desarrollando y aplicando las técnicas de injertos en hortalizas. Hoy se puede asegurar la realización de la técnica del injerto con éxito en las siguientes especies: sandía, melón, pepino, tomate, pimiento y berenjena.

La implantación de los cultivos injertados en campo dependerá principalmente de la aparición de nuevos patógenos de suelo (plagas, enfermedades fúngicas, enfermedades bacterianas o virosis), que limiten el cultivo tradicional, dependiendo además de otros muchos factores: económicos, época de cultivo, producción, rentabilidad, exigencias de mercado, etc.

1.3. Tendencia del mercado

La producción de plántulas injertadas es una técnica natural, no contaminante, compatible con cualquier tipo de producción integrada, ecológica o sistemas mixtos, contribuyendo a la reducción de uso de productos químicos contaminantes de suelo y medio ambiente. Estas condiciones favorables de la técnica, así como la prohibición del bromuro de metilo (Miguel, 2005), ha influido enormemente en la expansión de los injertos hortícolas.

Actualmente se realizan injertos hortícolas en muchos de los países productores de hortalizas: Japón, Corea, Turquía, Francia, Italia, Holanda, Alemania, Marruecos, México, España, etc. En otros países existe gran interés de desarrollo e implantación de la técnica de injertado.

Los avances de producción anuales son espectaculares, sobre todo en algunas especies de las más cultivadas, como el tomate, donde la superficie cultivada con planta injertada está experimentando un rápido crecimiento.

En resumen, la tendencia de crecimiento de la técnica de injertado es cada vez mayor, dando resultados muy positivos y satisfactorios de producción en medios muy distintos y adversos, para el cultivo tradicional de las especies de hortalizas mencionadas.

2. Instalaciones

Las primeras instalaciones destinadas a semilleros eran prácticamente iguales a las de un invernadero tradicional, dependiendo de la zona; las mismas estructuras con acondicionamientos para el soporte de bandejas, un sistema de riego manual y la incorporación o no, de una simple máquina de siembra, eran suficientes para la producción de plantas. Actualmente, la exigencia de mayor calidad de plántulas, el alto coste de las semillas híbridas, la técnica de injerto, la mano de obra, la producción estacional, la competencia del sector y la legislación existente, hacen necesario que la instalación o renovación de un semillero sea bien estudiada y proyectada, con la distribución y dependencias

necesarias: invernaderos, oficinas, cámara de germinación, cámara de cultivo, sala de repicado, salas de calefacción, almacén de manipulación, taller de injertos, embalse y cabezal de riego, zonas de almacenamiento y desinfección, maquinaria necesaria, vehículos de transporte, etc.

2.1. Invernaderos

Las estructuras de los invernaderos destinados a semilleros profesionales han ido avanzando a un ritmo espectacular. Actualmente el diseño de forma y dimensionado del invernadero «multitúnel o multicapilla» hacen posible un aprovechamiento racional del terreno cubierto. La facilidad de trabajo, unido a unas grandes posibilidades de aireación-ventilación, permiten manejar más fácilmente los factores climáticos o microclima interior de forma manual o totalmente automática, controlando así eficazmente todo el proceso de injertado; todo ello sin perder robustez y seguridad, pero sí consiguiendo unos niveles de estanqueidad y aislamiento elevadas.

Figura 1. Invernadero de alta tecnología



2.2. Maquinaria de siembra

Las sembradoras modernas están formadas por un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que realizan simultáneamente todas las operaciones de siembra. Este conjunto está formado por los elementos siguientes:

- a) Mezclador de substratos.
- b) Alimentador de bandejas.
- c) Módulo de llenado y prensado.
- d) Módulo de punzonado.
- e) Cabezal de siembra.
- f) Módulo de tapado.
- g) Túnel de riego.
- h) Apilador de bandejas.

Todo el conjunto puede estar informatizado y robotizado.

2.3. Cámara de germinación

Es un recinto cerrado donde se introducen las bandejas sembradas y permanecen durante un tiempo determinado en condiciones óptimas de germinación, manteniendo los parámetros necesarios (temperatura y humedad relativa) para la germinación de las distintas especies de semilla y obtener así el mayor porcentaje de estas en plantas viables.

La dimensión y capacidad de la cámara dependerá del volumen de producción previsto del semillero y de las especies a producir (cantidad de bandejas sembradas diarias y días necesarios de germinación). La maquinaria necesaria para mantener el microclima interior está compuesta por: un equipo de aire acondicionado reversible (frío-calor), un equipo humidificador (*fog-system*), sondas de temperatura y de humedad relativa, cuadro de automatismos para el control de la temperatura y la humedad.

2.4. Cámara de cultivo

Recinto de similares características a la cámara de germinación, normalmente de dimensiones más pequeñas. La gran diferencia está en la incorpora-

ción y control de un tercer parámetro: *la luz*. Su función es mantener constantes los parámetros de temperatura, humedad relativa y luz en condiciones ideales, que favorezcan el *enraizamiento de esquejes o prendimiento de injertos*, ya que se trabaja con plantas vivas y no con semillas; llevando un seguimiento y control muy exhaustivo de los parámetros mencionados.

Figura 2. Cámara de cultivo



2.5. Taller de injertos

El taller de injertos es el lugar donde físicamente se realiza la técnica de injertado; recinto, totalmente separado y aislado del resto de invernadero de producción, donde se mantienen las condiciones climáticas óptimas, tanto para el personal que realiza dicha labor, como para las plantas a injertar. Se instalarán los medios y técnicas de control climático para mantener los parámetros de *temperatura, humedad relativa y luz* en los umbrales óptimos. Según el método o tipo de injerto a realizar, consta de una gran mesa o varias mesas unitarias donde se coloca sentado el personal especializado injertador. Se dispondrá totalmente ordenado, de todo el material necesario para injertar: pinzas, plomos de estaño, bisturís, cuchillas, productos de limpieza y desinfección, etc. Sobre dichas mesas se colocan las distintas plantas, tanto del patrón como de la variedad a injertar; sobre otra mesa se colocan las bandejas para la plantación de injertos realizados. Es imprescindible la instalación de luz artificial que facilite la visión de los injertadores al ser un trabajo de gran precisión.

2.6. Túnel de prendimiento

Los túneles de prendimiento son las estructuras construidas dentro del invernadero a una determinada altura del suelo (50-70 cm), perfectamente niveladas, donde se colocan las bandejas recién injertadas, recibiendo los cuidados y tratamientos necesarios para terminar su ciclo de prendimiento.

La forma de construir y disponer los túneles y mesas depende de su coste, pasillos interiores, etc. La construcción de túneles irá en función de la producción semanal y la rotación prevista y del tipo de bandeja.

Figura 3. Cámara de cultivo



2.7. Zona de aclimatación

Es el invernadero o zona del semillero donde tiene lugar la adaptación de las plántulas después de sacarlas del periodo de estancia en túnel o cámara de prendimiento, siendo el paso intermedio, adecuando los injertos al microclima de cultivo definitivo; tiene prácticamente la misma configuración que el resto de la explotación, estando controlados los parámetros de las siguientes unidades básicas: temperatura, humedad ambiental, radiación solar y sistema de fertirrigación; evitando así una situación de estrés brusco, facilitando el desarrollo y proceso de unión del injerto.

2.8. *Sistemas de tratamientos fitosanitarios*

Independientemente de adoptar todas las medidas profilácticas de desinfección, medidas culturales y métodos de barrera de prevención, se hace necesario la implantación de un programa de tratamientos fitosanitarios capaz de conseguir y mantener la sanidad y calidad fitosanitaria de las plántulas; tanto del patrón como de la variedad, antes, durante y tras la realización del injerto.

Para ello se dispone de sistemas de tratamientos fitosanitarios, que utilizados solos o conjuntamente, nos garanticen la obtención de plantas sanas y vigorosas.

2.9. *Climatización*

La correcta interpretación y manipulación de los siguientes parámetros: luz, temperatura y humedad, tanto externos como internos, nos darán las condiciones deseadas para la producción de plántulas injertadas; teniendo muy en cuenta que una ligera modificación de cualquiera de ellos, influye directamente y afecta a todos los demás.

Dependiendo de la época de cultivo, distinguiremos:

a. Periodos cálidos

La gran radiación solar recibida y las altas temperaturas alcanzadas hacen difícil obtener los rangos óptimos de los parámetros de producción, siendo la disminución de temperatura el mayor problema de estos periodos, que resolveremos utilizando conjuntamente diferentes técnicas: reducción solar, ventilación, humidificación.

b. Periodos fríos

La baja iluminación y el mantenimiento de la temperatura nocturna y diurna en estos periodos, en unos niveles óptimos para el desarrollo de las plántulas, se consigue con una buena hermeticidad del invernadero, instalación de doble cámara de plástico inflada y el apoyo de un sistema de calefacción.

3. **Materiales**

Los distintos materiales y materias primas necesarias para realizar la transformación del material base «la semilla» en plantas óptimas, y estas en injertos

de gran calidad para su trasplante, lo componen: substratos, bandejas, fundas, instrumentos de corte, material de unión del injerto y otros accesorios.

3.1. Substratos

Dependiendo del tipo de suelo de cultivo final de la planta, se utilizarán substratos a base de: turba, perlita, termita, fibra de coco, lana de roca o la mezcla entre ellos.

La elección de cualquier substrato debe cumplir las siguientes propiedades:

- Libre de patógenos y gérmenes.
- Excelente porosidad permitiendo gran aireación y capacidad de retención.
- Ph regulado y adecuado a los cultivos.
- Elevada capacidad de intercambio iónico.
- Baja salinidad.
- Estabilidad de la estructura.

Los materiales más usados son las turbas, y sus mezclas varían según los cultivos y la época de producción. El porcentaje de mezcla de los distintos materiales oscilará según el tipo de alveolo, sistema de riego, planta a producir, tipo de planta, etc., a criterio de la dirección técnica.

3.2. Bandejas y fundas

Las bandejas son el soporte necesario para el cultivo en semillero. El tipo de bandejas usadas para la siembra del patrón y de la variedad, va en función de la especie, del tipo de injerto a realizar y la demanda exigida por el cliente, dentro de los límites agronómicos admitidos por la dirección técnica. El número de alveolos de la bandeja de injerto realizado dependerá de la especie a cultivar, oscilando entre los 150-240 en el caso de solanáceas y, los 40-70 alveolos en el caso de cucurbitáceas; las dimensiones exteriores de la bandeja deberán ser las mismas para facilitar la mecanización de los distintos procesos: siembra, paletizado, extendido en mesas, expedición de plantas, etc.

Las fundas son planchas alveolares fabricadas con polipropileno. La función principal de la funda (un solo uso) es el aislamiento de la planta con la

bandeja soporte, evitando posibles contagios de enfermedades y asegurando mayor higiene, obteniendo un sistema radicular sano y potente, facilitando la extracción de las plantas en el trasplante.

3.3. Instrumentos de corte

El taller de injertos deberá estar dotado de los siguientes instrumentos:

- Bisturís y hojas para cambiar diariamente.
- Hojas de afeitar (partidas por la mitad).
- Productos de limpieza y desinfección para bisturís.

3.4. Material de unión y otros materiales

Los materiales usados de unión también dependerán del injerto a realizar:

- Tiras o bandas de plomo (básicamente en injerto de aproximación).
- Pinzas semirrígidas (injertos de aproximación, cuña lateral).
- Pinzas flexible (injerto de empalme).
- Clips de tubo de diferentes formas y fabricantes (injerto de empalme).

Estos pueden ser de distintos diámetros en función del grosor a injertar.

Figura 4. Materiales de corte y de unión



4. Portainjertos

Los portainjertos o patrones son las plantas que sirven, mediante su sistema radicular, de soporte a la variedad a cultivar, evitando el contacto de esta con el suelo o medio de cultivo infectado, aprovechando su vigor y rusticidad.

4.1. Condiciones de los patrones

Independientemente de las especies o variedades a injertar, los patrones deben reunir y cumplir una serie de cualidades y características para poder ser utilizados, tales como:

- Inmunidad o resistencia a la enfermedad limitante del cultivo.
- Resistencia o tolerancia a otros patógenos de suelo.
- Vigor y rusticidad.
- Gran afinidad con la variedad a injertar.
- Buenas características para la realización práctica del injerto.
- No alterar, ni modificar la calidad externa e interna del fruto.

4.2. Patrones de Cucurbitáceas

Los patrones utilizados en la zona del Mediterráneo para realizar el injerto en cualquiera de las especies injertadas, sandía y melón, son híbridos interespecíficos del género *Cucúrbita* (*Cucúrbita máxima* x *Cucúrbita moschata*), comercializándose varios híbridos del mismo tipo: Shintoza, RS-841, TZ-148, Brava, Kámel, Ferro, F-90, Titan Strongtosa, Aquiles, Hércules, Routpower, etc.

En el caso de injertos de pepino se utilizan híbridos del mismo tipo, pero por características de afinidad y vigor se emplean variedades tales como: Azman, Zadok Ercole, etc.; y también portainjertos de Pepino: Affyne.

Existen otros patrones usados, tanto para sandía como para melón, en otros países o de menor uso comercial, que describiremos a continuación:

a. Sandía

- *Lagenaria siceraria* (calabaza de peregrino): confieren menos vigor y producción.

- *Cucurbita moschata* (calabaza de violín): proporciona menor vigor, algo menos de producción y algunos problemas de incompatibilidad.
- *Citrullus lanatus* (lineas silvestres): mejor comportamiento frente a nematodos.

b. Melón

- *Cucumis melo* (tipos *Cantalupo*): buena afinidad y algo menos de producción.
- *Benincasa cerifera*: proporciona menos vigor y tiene poca afinidad con tipo español.

La resistencia de los distintos patrones para cucurbitáceas (sandía, melón y pepino) aparecen en el cuadro siguiente:

Tabla 1. Resistencia de los distintos patrones

	FON	FOM	FOC	Phom.	Mon.	V. d.	MNSV	Nem.
<i>Cucurbita híbrida</i>	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+
<i>Lagenaria siceraria</i>	+++	+++	¿	¿	¿	-	¿	+
<i>Citrullus sp.</i>	+++	+++	¿	-	-	-	-	+++
<i>Cucurbita moschata</i>	+++	+++	¿	¿	¿	¿	¿	++
<i>Benincasa cerifera</i>	+++	+++	¿	¿	¿	-	¿	-
<i>Cucumis melo</i>	+++	+++	¿	-	-	-	-	-

* FON. *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*; FOM. *Fusarium oxysporum* f. sp. *meloni*; FOC. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*; Phom. *Phomopsis sclerotoides*; Mon. *Monosporascus cannonballus*; V. d. *Verticillium dahliae*; MNSV. Melón Necrotic Spot Virus; Nem. Nematodos (*Meloidogyne incognita*).

Fuente: Miguel (2005).

5. Calendario-programación de operaciones

Para tener éxito en la técnica de injertado, debemos tener presente las siguientes cuestiones:

- Orden o programación de siembra de patrón y variedad.
- Adaptar su cultivo, según características buscadas en el injerto.

- Extremar las condiciones y cuidados durante el periodo de injertado y prendimiento.
- Controlar el cultivo y desarrollo de crecimiento posterior.

La programación de las siembras de las distintas especies para realizar el injerto, así como el calendario de operaciones seguidas durante todo el proceso de preinjerto y posinjerto, depende de varios factores:

- *Especie y variedad.* Patrones y variedades: germinación, nascencia, crecimiento desarrollo, etc.
- *Época del año.* Condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa, intensidad de la luz y duración.
- *Tipo de injerto.*
- *Tamaño y forma de planta.* Microplug, Big-plant, núm. de brazos, etc.
- *Disponibilidad de mano de obra especializada.*
- *Infraestructura técnica y climática adecuada.*

Es de vital importancia conocer la duración de esos periodos para realizar todos los procesos en plazo y forma óptimos y poder tener éxito en la técnica de injertado, traducándose en obtener el mayor porcentaje de prendimientos y, como consecuencia, el mayor número de plantas útiles o viables para su posterior plantación.

5.1. Calendario orientativo en cucurbitáceas

Los calendarios de cucurbitáceas y sus diferentes métodos, se inician con la siembra de la variedad y posteriormente el patrón o portainjertos.

Tabla 2. Calendario para sandía

Tipo injerto:	Número de días				
	Siembra variedad	Siembra patrón	Injertado	Desbrotar	Trasplante
Aproximación	0	3-5-7	14-24	25-32	35-55
Cuña Lateral	0	5-7	18-27	-	35-50
Emp. Japonés	0	3-5	15-20	-	32-45

Tabla 3. Calendario para melón

Tipo injerto:	Número de días				
	Siembra variedad	Siembra patrón	Injertado	Desbrotar	Trasplante
Cuña Lateral	0	3-5	16-21	-	35-40
Emp. Japonés	0	1-3	12-15	-	30-35

Tabla 2. Calendario para pepino

Tipo injerto:	Número de días				
	Siembra variedad	Siembra patrón	Injertado	Desbrotar	Trasplante
Emp. Japonés	0	0-1	9-12	-	21-28

6. Proceso de injertado

En el desarrollo y realización del cultivo de especies injertadas distinguiremos las distintas fases de cultivo:

1. *Preinjerto*: fase de siembra, germinación y cultivo de ambas partes integrantes del proceso, patrón y variedad, independientemente según sus características varietales.
2. *Injertado*: fase de realización del injerto por el método elegido y aplicando las técnicas adecuadas, y control del clima para realizar la unión entre ambas plantas.
3. *Posinjerto*: fase de cultivo de la unidad resultante como planta injertada, realizando las labores culturales, riegos, abonados y tratamientos fitosanitarios, hasta finalizar el ciclo y realizar su trasplante a campo.

6.1. Proceso de unión

Los injertos compatibles, durante la fase de injertado, se producen tres procesos en la realización de la unión de ambas plantas:

- *Cohesión*: contacto y preunión, entre patrón y variedad, realizándose en el primer día.
 - Segregación de membranas celulares, entre ambas plantas a modo de «cemento»
- *Proliferación del callo*: respuesta de unión de plantas injertadas entre el segundo y el cuarto día.
 - Comienza la división de tejidos de patrón y variedad.
 - Inicio de la diferenciación de elementos vasculares.
- *Diferenciación vascular*: unión real de las plantas compatibles entre el quinto y el séptimo día.
- Conexión de haces vasculares de xilema y floema.

Tabla 5. Factores influyentes en la unión

Factor	Comentario	Óptima	Máxima	Mínima
Temperatura	De ella depende la cantidad y velocidad de formación del callo	24-28 °C	> 15 °C	< 35 °C
Humedad	Evita el estrés y la deshidratación de las plantas recién injertadas	80-90 °C	> 70 °C	< 95-100 °C
Luz	Acelera el proceso de unión entre las plantas injertadas	200 W/m ²	100 W/m ²	300 % W/m ²
Superficie de contacto	Un buen y eficaz contacto depende de: <ul style="list-style-type: none"> • Número y disposición de los haces conductores de ambas plantas. • Zonas de corte, cantidad de superficie y su posterior colocación. • Perfección en los cortes y ejecución de la técnica de injertado. 			
Patógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Extremar condiciones de higiene y limpieza. • Eliminar plantas dudosas. 			

7. Injertos de cucurbitáceas

Se realizan básicamente en tres especies, con sus diferentes tipos de injertos y multitud de variedades de sandía, melón y pepino.

7.1. Tipos de injertos de cucurbitáceas

7.1.1. Injertos de aproximación

Figura 5. Injerto de aproximación. Sandía



Es el método más habitual y conocido, en el cual se mantienen los dos sistemas radiculares (patrón y variedad) durante el periodo de prendimiento, pudiendo existir ciertas variantes de dicho método, realizándose según este orden:

- 1.º Sembrar en bandejas (150-250 pl.) la variedad de sandía, melón o pepino; pregerminar en cámara y cultivar en invernadero entre: 14-32 °C.
- 2.º Sembrar patrón o portainjertos en bandeja (70-150 pl.), a los 3-5-7 días después.
- 3.º Injertar, cuando en patrón aparece el botón de la primera hoja verdadera y la variedad está desarrollándola.
- 4.º Plantar en bandeja de mayor volumen (40-56-70 pl.), separando algo los tallos de ambas plantas para facilitar su posterior corte.
- 5.º Llevar y mantener las plantas en invernadero con condiciones de: 22-30 °C y 80-90 % humedad relativa, bajo tunelillos o cámaras de prendimiento.
- 6.º Airear o ventilar progresivamente a partir de los 7-10 días.
- 7.º Cortar tallo de la variedad a los 14-16 días, por debajo del injerto. Repasar las cabezas del patrón por si hubiese rebrotes.
- 8.º Trasplantar a los 25-30 días del injertado.

7.1.2. Injerto de cuña

Figura 6. Injerto de cuña



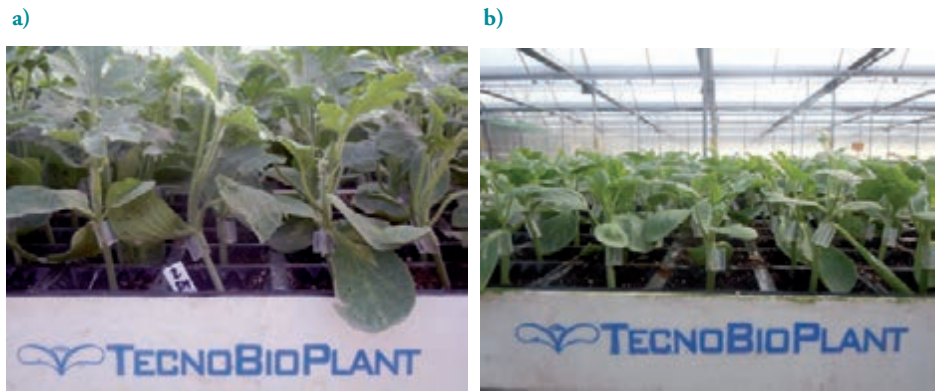
Se trata de un método poco frecuente, donde la variedad es decapitada dejándola sin raíz manteniendo solo el sistema radicular del patrón, durante el periodo de prendimiento; exige mantener unas condiciones ambientales muy estrictas. El resultado de este método es una planta de buen porte, gran calidad y fácil manipulación, ahorrándose operaciones de corte y desbrote. Se realiza según este orden:

- 1.º Sembrar la variedad a injertar, sandía, melón o pepino, en bandejas de 100-150 alveolos, pregerminar en cámara y cultivar en invernadero entre 14-32 °C.
- 2.º Sembrar patrón a los 5-7 días, después de la variedad en invierno, y a los 2-3 días en verano, directamente sobre la bandeja definitiva (40-56-70 pl.) o bandeja (104-135-150 pl), realizando trasplante después del injertado.
- 3.º Injertar cuando la variedad tenga la primera hoja abriendo o ya abierta, con buena sección de tallo y no este enternecida, ni endurecida y el patrón tenga la primera hoja verdadera abierta.
- 4.º Transportar las bandejas ya injertadas a cámaras de prendimiento en óptimas condiciones: temperatura: 25-30 °C; humedad relativa: 85-95 %.
- 5.º Ventilar y retirar el sombreo progresivamente a partir de los 7-10 días.
- 6.º Trasplantar a los 20-25 días del injertado.

7.1.3. Injerto de empalme o adosado

Método muy novedoso y exigente en condiciones microclimáticas para el proceso de prendimiento. En este tipo de injerto no se mantiene ningún sistema radicular durante el proceso de prendimiento, cortando sistema radicular del patrón y de la variedad, realizándose la unión de las dos plantas, a la vez que el enraizamiento. Obteniéndose así una planta de gran calidad, compacta y fuerte para manipulación y transporte, incluso acortando el ciclo de producción.

Figura 7. Injerto de empalme o adosado. Sandía (a) y pepino (b)



Las condiciones de siembra y cultivo, de patrón y variedad, previas al proceso de injertado son muy similares a las exigidas para el método descrito de cuña lateral, siendo distinto el proceso del injertado y posterior prendimiento. Descripción del método:

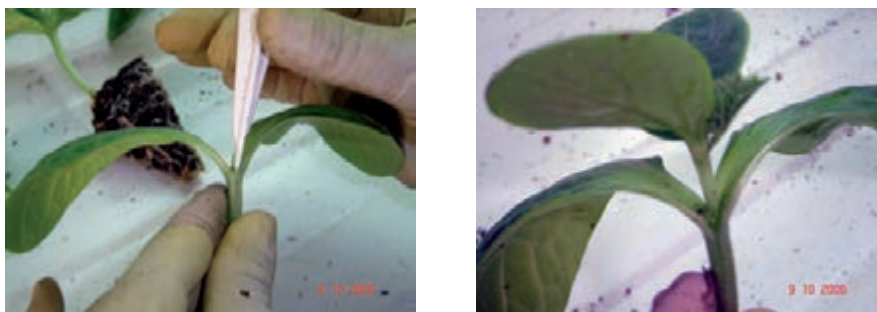
1. Sembrar la variedad a injertar: sandía, melón o pepino en bandeja de 100-150 pl., pregerminar en cámara y cultivar en invernadero entre: 14-32 °C.
2. Sembrar patrón a los 3-5-7 días en bandeja de 100-150 plantas. Cultivar en similares condiciones de variedad.
3. Injertar a los 18-21 días por métodos mecánicos o manuales.
4. Airear progresivamente a partir del 4.º-5.º día.

5. Trasladar a zona de aclimatación a los 7-8 días y mantener durante 2-3 días en condiciones óptimas de aclimatación.
6. Resto del proceso idéntico a sistemas anteriores.
7. Trasplantar a los 15-20 días del injertado.

7.1.4. Injerto de perforación lateral

Es este un método descrito en la bibliografía, de uso frecuente en Japón, sobre todo con patrones de tipo lagenaria; no usado en España, salvo en algunos ensayos realizados para ver la aplicación y desarrollo de esta técnica.

Figura 8. Injerto de perforación lateral en el pepino



Las condiciones de siembra y cultivo, tanto del patrón como de la variedad, hasta llegar al momento de injertar, son similares a los anteriores; realizándose la técnica como se describe a continuación:

- Eliminar el brote del patrón.
- Meter un punzón aplanado, por la parte superior de la calabaza y saliendo 1 cm. por debajo del cotiledón, en bisel.
- Cortar la variedad de 1-1,5 cm por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 5-6 mm en su extremo.
- Sujetar un cotiledón del patrón con la mano, y con la otra mano, introducir la púa en la perforación; debe quedar sujeta de forma que al tocarla no se mueva.
- Llevar y mantener en condiciones óptimas de clima.

8. Mecanización de injertos

La técnica de injertado es una operación muy exigente en mano de obra especializada y, además, concentrada en ciertas épocas del año, lo que condiciona la productividad y programación máxima de rendimientos.

Estos condicionantes llevan a los investigadores y diseñadores de maquinaria hortícola especializada a buscar soluciones que amortigüen los costes e intenten paliar la falta de mano de obra con robots semiautomáticos o prototipos de robots automáticos actualmente en desarrollo.

Tabla 5. Tipo de robots

Tipo	Semiautomáticos			Automáticos		
	Empresa	Iseki	Nasunix	Murata	Kubota	Misubishi
Modelo	GR800-B GR800-T	G-710 G-720	MST771-2	KG-11	MGM600	AG1000
Especies	Cucurbitáceas. Solanáceas	Cucurbitáceas. Solanáceas.	Cucurbitáceas. Solanáceas.	Solanáceas	Tomate	Solanáceas.
Personas	2 + 1	2	2	1	1	1
Resultados						
Rend.(pl/h)	600-800	780-850	600-700	1.200	400	1.000
Injerto (%)	95	98	95	95	95	95
Prendim. (%)	90	98	-	-	-	-

Al mismo tiempo se desarrollan cadenas o cintas de injertado que mejoran los rendimientos individuales, trabajando en equipo; estos aumentos de rendimiento estarán en función del propio diseño y de la funcionalidad aplicada.

9. Labores de cultivo. Profilaxis

Realizado el proceso de siembra, germinación y extendido en las mesas de cultivo, se procede a criar la plántula en las mejores condiciones, llevando a cabo procesos y cuidados específicos, según requieran las especies.

Las operaciones o labores de cultivo que se realizan a patrón y variedad durante el proceso del semillero son varias, todas ellas de vital importancia y correctamente coordinadas. Debido a tener un ciclo de cultivo relativamente corto (normalmente 25-35 días, con un máximo de 50-60 días), las operaciones se han de realizar en el momento adecuado, teniendo poco margen para corregir posibles errores.

Destacaremos los trabajos más imprescindibles, siendo estos los siguientes:

- Riego.
- Fertilización.
- Tratamientos fitosanitarios.
- Profilaxis.

Los tratamientos fitosanitarios comienzan desde el momento de siembra, con la incorporación del primer tratamiento fungicida en el agua de riego. El planteamiento y la programación de un calendario de tratamientos será la forma más eficaz de combatir las plagas o enfermedades que atacan a las plántulas en cada uno de sus estados de desarrollo en semillero: (estado de dos cotiledones, estado de 1-2 hojas verdaderas, estado de 3-4 hojas, estado de planta desarrollada, estado planta adulta). La realización de los tratamientos debe hacerse siempre de forma preventiva, evitando grandes infecciones de difícil curación; para ello debemos conocer los patógenos que atacan a los cultivos en sus diferentes épocas.

9.1. Profilaxis

Los métodos preventivos o medidas de control para evitar graves incidencias de enfermedades contagiosas en la realización práctica del injerto, debe ser muy férrea, siguiendo unas pautas recomendadas:

- Realización de un calendario preventivo de tratamientos fitosanitarios.
- Instalación eficaz de métodos de barrera antiplagas.
- Control exhaustivo del clima.
- Aislamiento de la zona de injertado.
- Restricción del paso de personal no autorizado.
- Desinfección de las cámaras de prendimientos o túneles.
- Desinfección de los carros o medios de transporte.
- Aislamiento mínimo de producción (mínima cantidad de bandejas juntas).
- Desinfección los materiales de injertado (bisturís, tablillas, etc.).
- Cambio de cuchillas de corte para cada bandeja o desinfectarla.

- Uso de guantes y pinzas de un solo uso.
- Eliminación y destrucción de cualquier planta sospechosa antes de injertar.
- Observación diaria de la evolución de los injertos realizados.
- Orden y limpieza de toda la sala o taller de injertos.
- Realización de test o análisis de plantas con síntomas desconocidos.

La constante vigilancia de los distintos módulos de cultivo del invernadero y el control de sus parámetros climáticos: luz, temperatura y humedad; el orden y limpieza; así como la correcta ejecución de la técnica de injertado, nos dará una plántula injertada con todas las garantías de calidad.

10. Resumen

Podríamos resumir que las tendencias en la producción de injertos de sandía, en cuanto a la realización y producción de la plántula injertada, será la siguiente:

1. Tipo de injerto: empalme japonés o adosado.
2. Mejora de las instalaciones de control de clima.
3. Mecanización integral de la producción.
4. Investigación en iluminación artificial.
5. Prototipos de robots sencillos y eficaces.

Referencias bibliográficas

- CAMACHO, F. y FERNÁNDEZ, E. J. (1997): *Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción, precocidad y calidad del fruto en Almería*, ed.: Caja Rural de Almería. Almería.
- DE LA TORRE, F (1999): «Los semilleros hortícolas»; en CAMACHO FERRE, F., coord.: *Técnicas de producción en Cultivos Protegidos. Semilleros Hortícolas*; Caja Rural Intermediterránea, Cajamar; pp. 457-477.
- DE LA TORRE, F. (2005): *Injertos Hortícolas*. Curso Internacional. Intagri. Jalisco, México.

- GARCÍA, F. (1990): «Injerto de Cuña»; *Horticultura* 56(11).
- Miguel, A. (1997): «Injerto de Hortalizas»; ed.: Generalitat Valenciana. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MIGUEL, A. (2005): *Injerto de Hortalizas*; Curso Internacional. Intagri. Jalisco, México.
- MIGUEL, A. y DE LA TORRE, F. (2007): *Injerto de Hortalizas*; ed.: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- PEIRÓ, J. L. y ESTEBAN, J. (2005): *El injerto, una herramienta para el cultivo ecológico de pimiento*. Ramiro Arnedo, SA.
- SUZUKI, M.; SASAYA, S. y KOBAYASHI, K. (1998): *Present of Vegetable Grafting Systems* 32(2). Institute of Agricultural Machinery (BRAIN-IAM); ed.: JARQ. Japón.

Incidencia de ciertas labores culturales en la productividad de la sandía

Francisco Camacho Ferre

Universidad de Almería

1. Introducción

Son muchas las labores culturales que tienen un efecto claro sobre la productividad del cultivo de la sandía, aunque siempre ha estado considerada como una plantación que no requería de grandes cuidados para obtener de ella una buena rentabilidad. Pero, desde antes de iniciar la siembra, se empiezan a tomar una serie de decisiones que van a condicionar todo el desarrollo de su ciclo vital, desde cómo actuar sobre las plantas, hasta los mercados a los que se quiere abastecer, máxime si en la elección del material vegetal se han de tomar determinaciones, no solo sobre el cultivar sobre el que cosechamos, sino también la variedad y el tipo de material vegetal que debemos de colocar debajo de aquel, de modo que obtengamos resistencias a determinados patógenos de suelo.

Concretamente en este capítulo vamos a analizar y dar información de una serie de experimentos hechos en el Grupo de Investigación AGR-200 de la Universidad de Almería, que dieron lugar a varias tesis doctorales, cuyos datos pueden apreciar en la bibliografía y que informan sobre elección de material vegetal, preparación del suelo, marcos de plantación y plantación de sandía injertada, los acolchados y los microtúneles como técnicas de semiforzado, labores como poda y entutorado de la sandía y el gran problema de la polinización o el desarrollo del ovario para llegar a frutos comerciales.

2. La elección del material vegetal

La elección del material vegetal por parte del productor de frutas y hortalizas obedece a la conjugación de dos criterios, por un lado está la adecuación del cultivo a los medios productivos que posee y, por otro lado, aparecen los criterios de mercado, que serían las características que debe poseer la fruta para llegar a consumidores concretos.

Con respecto a los criterios de producción, la búsqueda del agricultor va dirigida a la obtención de la mayor producción total, valorando la precocidad precoz y el peso medio del fruto; ese peso medio se armoniza con el mercado, en la elección de tipologías de tamaño, algo importante si tenemos en cuenta tendencias en algunos consumidores a la compra de sandías «mini» o sandías «personales». Pero además del tamaño, ¿qué mira más el mercado?, el color de la corteza, la forma del fruto, el color de la pulpa, el dulzor y que tenga o no semillas.

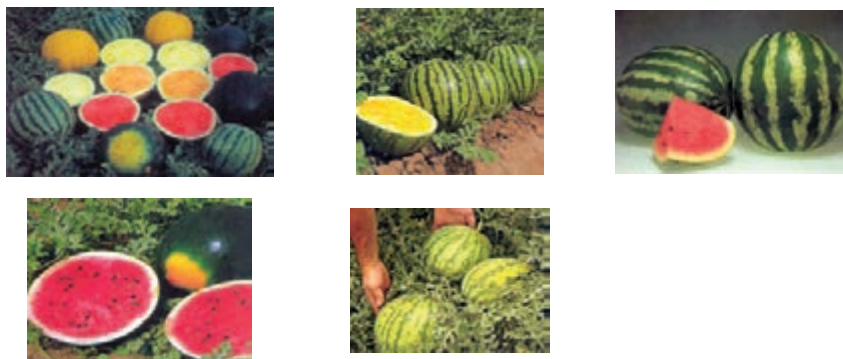
Con todo lo anterior, podríamos dividir el material vegetal a emplear en sandía, por apreciación rápida del consumidor, en dos tipos:

- a) Sandía de piel con color uniforme, verde más o menos oscuro, es lo que entre los técnicos llaman sandía «tipo sugar».
- b) Sandía de piel con color variegado, en fondo verde de diferentes tonalidades, con el variegado en tonos verdes o amarillos que contrastan con el color de fondo. A este tipo de frutos se le da la denominación de sandías «tipo crimson».

Dentro de estos dos grupos, se está cultivando sandías cuyos frutos tienen semillas (diploides) y sandías cuyos frutos no tienen semillas (triploides), (Figura 1).

Para España, el cultivo de la sandía es injertado para evitar problemas de patógenos de suelo, fundamentalmente la fusariosis vascular causada por *F. oxysporum* f.sp. *niveum*, aunque otras veces lo que queremos es combatir ataques de nematodos y algunas veces, también, virosis transmitidas por hongos de suelo, en concreto Melon Necrotic Spot Virus (MNSV), conocido vulgarmente como virus del cribado y que es transmitido por el hongo de suelo *Olpidium bornovanus*. En función de nuestro objetivo de protección elegimos ese portainjertos. Normalmente en el mercado existe material de híbrido interespecífico *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*, de *Lagenaria siceraria* y de *Citrullus lanatus*. El portainjertos más utilizado en España es el híbrido interespecífico indicado, aunque en Oriente, cada vez va teniendo más importancia el empleo de lagenaria. Es importante determinar cual es el patógeno o patógenos que queremos combatir para hacer la elección adecuada, en primer lugar para tener éxito y no perder plantas como consecuencia de los ataques de la enfermedad y, en segundo lugar, para dar el manejo adecuado a la planta, tanto en marco de plantación como en nutrición, ya que es diferente en función del pie elegido.

Figura 1. Diferentes tipos de frutos de sandía



Por último, dentro de este apartado de la elección del material vegetal, hay que conciliar la cantidad de polen necesario para obtener rendimientos esperados con la sandía principal de cosecha, ya que si nuestra elección es cultivar sandía triploide debemos de tener una variedad diploide que aporte el polen para el desarrollo de los frutos de las variedades sin semillas, estas variedades, cuyos frutos si tienen semillas, pueden ser comerciales o desechables. En función de los mismos hay una incidencia en la densidad de plantación, en el marco de plantación y en la ubicación de los tipos de sandía.

Experimentos realizados por nuestro grupo de investigación comprobó que, en Almería, bajar del 33 % (dos triploides y una diploide) en la relación de sandía diploide con respecto a la triploide en plantaciones de antes de final de marzo, trae como consecuencia una bajada de producción en el cultivar de sandía sin semilla. Se podría bajar hasta una proporción del 25 % (tres triploides y una diploide) en trasplantes muy tardíos. En el caso de utilización de polinizadores con frutos no comerciales, a veces se opta por tenerlos durante un periodo y una vez se haya valorado la polinización que se ha conseguido se arrancan.

Aunque la elección varietal está muy sujeta a las modas, en la Tabla 1 pueden apreciarse algunas de las variedades con las que hemos trabajado, tanto en España como en algunos países de América, obteniendo resultados aceptables desde el punto de vista agronómico y del mercado.

Tabla 1. Diferentes variedades de sandía y sus características

«Sugar» diploide carne rosa/roja	«Sugar» triploide carne rosa/roja	«Crimson» diploide carne rosa/roja	«Crimson» triploide carne rosa/roja	«Mini» triploide carne rosa/roja	«Crimson» carne amarilla
Sweet marvel	Fashion	Crisby	Iris	Solinda	Graciosa
Susanita	Fenway	Crimson sweet	Boston	Bibo	Pekin
Resistent	Liliput (mini)	Jenny (microsemillas)	Reina de corazones	Mielheart	
Red moon	Valdoria		Emerald		
Sanin			Motril		
			Sunrise		

En la Tabla 2 se pueden observar variedades y tipos de portainjertos, así como algunas variedades de polinizadores con fruto no comercial.

Tabla 2. Diferentes variedades y tipos de portainjertos. Variedades de polinizadores con fruto no comercial

Variedades de portainjertos	Variedades de polinizadores
<i>C. maxima x C. moschata</i>	Polenta
RS-841	SP
Shintoza	
Strong Tosa	
Patrón	
Hércules	
<i>Citrullus lanatus</i>	
Robusta	

3. Preparación del suelo, plantación y técnicas de semiforzado

Difiere según tengamos suelo arenado o suelo desnudo. En el primer caso se retira el cultivo precedente limpiando los restos de cosecha anterior, de modo que quede la arena que hay sobre el suelo completamente limpia. A continuación se extienden las líneas portagoteros, adecuándolas al marco de plantación que vayamos a emplear.

Posteriormente se realizan los hoyos en la arena hasta llegar al suelo, roturándolo incluso con azadilla, para que este quede más mullido.

Una vez realizadas las labores mencionadas, en caso de acolchar, se procede a cubrir el suelo con el plástico. Esta labor, cuando se cultiva bajo inver-

nadero, se hace a veces en posplantación. La labor de acolchado es imprescindible en invernaderos planos, ya que el agua de lluvia genera un contenido de humedad idóneo para la emisión de raíces en los nudos de los tallos, habiendo un franqueo (emisión de raíces por la variedad) por donde atacan los patógenos de los que nos hemos querido defender a través de la labor del injerto (Figura 2).

Figura 2. Franqueo de sandía por uno de los nudos de la planta, como consecuencia de estar en contacto prolongado con arena (suelo arenado) excesivamente húmeda



Cuando la plantación de sandía se va a hacer en cultivo al aire libre y suelo sin arenar, se le dan las labores de grada o arado que se estimen necesarias para que el suelo quede suelto, de modo que se facilite la labor de agarre de la planta al suelo, una vez trasplantada, a la vez que se asegura que los frutos no se deformen en demasía con la resistencia mecánica que ofrecen algunos terrones al crecimiento de estos. En grandes superficies, la labor de extendido de ramales portagoteros y plástico de acolchado está mecanizada.

Posteriormente se procede al trasplante, y es de suma importancia cuando se esté plantando sandía injertada, evitar el contacto del punto de injerto e inmediatamente superior al mismo con el suelo, pues se corre el riesgo de tener franqueamiento por donde entrarían los patógenos del suelo de los cuales nos hemos querido defender. Inmediatamente después se cubre la planta con agrotexiles o túnel de semiforzado, en caso de estimarse esta labor.

Las fechas de plantación que se están haciendo en algunos lugares son las siguientes:

- Mediados de noviembre a finales de marzo (sureste español).
- Finales de septiembre a finales de enero (centroamérica).

- Finales de septiembre a finales de noviembre (Colima y Sonora, México).
- Finales de marzo a mediados de mayo (Cohauila y Sonora, México).

En todos estos lugares se está cosechando sandía, procedente de planta injertada, desde los 65 días después del trasplante (ddt), hasta los 100 días tras el mismo.

Como puede apreciarse debemos de tomar decisiones sobre densidad de planta y marco de plantación. En caso de ser planta injertada, son diversos los experimentos realizados en diferentes épocas y diferentes países, algunos de ellos llevados a cabo por nuestro grupo de investigación, demostrando que la densidad de plantación de una planta injertada debe ser menor hasta en un 50 % respecto a la planta no injertada, para aumentar producción y mantener calidad.

Figura 3. Puesta de plástico de acolchado en un invernadero enarenado



Figura 4. Túneles de semiforzado cubriendo sandía bajo invernadero



Por otro lado, cuando se cultiva sobre todo en sistemas bajo invernadero, es muy común preguntarse si se va a realizar acolchado y protección de semi-forzados, con el fin inmediato de proteger a la planta del frío; para ello adjuntamos la Tabla 3 de necesidades de temperatura en el cultivo de la sandía, según diferentes estados fenológicos, de modo que cuanto más nos acerquemos a los mismos, el crecimiento y desarrollo de la planta será mucho mejor.

Tabla 3. Exigencias climáticas del cultivo de la sandía

Germinación	15 °C mínima - 25 °C óptima
Floración	18-20 °C - rango óptimo
Desarrollo	23-28 °C - rango óptimo
Detiene su desarrollo	13-11 °C
Se hiela	0 °C

A veces los productores ignoran el acometer las labores de semiforzado para proteger el cultivo de las bajas temperaturas, dado que la planta es capaz, como se puede apreciar, de sobrevivir en un rango amplio de bajas temperaturas, pero una planta que pasa un determinado periodo en temperaturas que no le son óptimas, se ve afectada en el crecimiento y el desarrollo, además de en la producción, tanto en calidad como en cantidad. Por tanto, es algo a valorar desde el punto de vista económico para tomar la decisión adecuada, ya que desde el punto de vista agronómico son muchas las ventajas que ofrecen estas técnicas de cultivo, tales como:

1. Influencia positiva sobre humedad y temperatura de suelo.
2. Raíces más superficiales y en mayor cantidad.
3. Impide la emergencia y el desarrollo de las malezas si elegimos el color adecuado del plástico para acolchar.
4. Los frutos de la sandía son más limpios y menos deformes, ganando en presencia.
5. La cosecha se obtiene más precoz.
6. Los rendimientos de la cosecha aumentan.
7. Se protege a las plantas del frío.

Veamos los costos de estas operaciones:

¿Cuánto cuesta el acolchado?

Plástico de 80 galgas negro: 40 m²/kg

$$\frac{10.000 \text{ m}^2}{40 \text{ kg/m}^2} = 250 \text{ kg}$$

$$250 \text{ kg} \times 2,12 \text{ €/kg} = 530 \text{ €/ha}$$

$$\text{Puesta: } 3 \text{ jornales} \times 50 \text{ €/jornal} = 150 \text{ €}$$

$$\text{Total acolchado: } 680 \text{ €/ha}$$

Y, ¿cuánto cuesta el tunelillo de semiforzado?

Plástico de 120 galgas antivaho: 32 m²/kg

$$\frac{3.500 \text{ m}^2}{32 \text{ kg/m}^2} = 110 \text{ kg}$$

$$110 \text{ kg} \times 2,70 \text{ €/kg} = 297 \text{ €/ha}$$

$$100 \text{ arquillos (1,10 m)/ha aprox.: } 65\text{-}70 \text{ kg/ha}$$

$$70 \text{ kg} \times 1,74 \text{ €/kg} = 122 \text{ €/ha}$$

$$\text{Puesta: } 5 \text{ jornales} \times 50 \text{ €/jornal} = 250 \text{ €}$$

$$\text{Total túnel de semiforzado: } 669 \text{ €/ha}$$

Por último, ¿cuánto cuesta proteger la planta con manta térmica?

Agrotexil de 17 g/kg a 53,30 €/1000m²

$$3.500 \text{ m}^2 \times 0,0533 \text{ €/kg} = 187 \text{ €/ha}$$

$$\text{Puesta: } 2 \text{ jornales} \times 50 \text{ €/jornal} = 100 \text{ €}$$

$$\text{Total manta térmica: } 287 \text{ €/ha}$$

Somos conscientes de los cambios que se pueden dar en la cuantía económica de los resultados expresados, pero es simplemente cambiar el valor que tengan los jornales y los materiales al momento de realizar la labor, pues las unidades siempre serán las que ahí se expresan, en cuánto a los materiales y mano de obra necesaria.

4. La poda y el entutorado de la sandía

El objetivo de la poda en sandía es controlar el crecimiento de la planta en cuanto a su forma. Al eliminar brotes principales se adelanta la brotación y el crecimiento de secundarios. Esta labor se realiza de modo optativo en función del marco elegido; consiste en la eliminación del brote principal cuando este tiene 5 o 6 hojas, iniciándose rápidamente el crecimiento de los cuatro-cinco brotes que existen en las axilas de las mismas. Con ello se consigue realizar una planta de formación más redondeada. No se han visto diferencias en la producción de sandías realizando o sin realizar este tipo de poda.

Una poda diferente a la anterior es la que se realiza cuando se decide entutorar la planta, labor que puede ser válida para el cultivo de sandía mini bajo invernadero, y que puede ayudar a incrementar los rendimientos productivos en sandía basándonos en aumentar la densidad de planta, los costos de semillas se incrementarán, pero pueden ser compensados con el incremento en producción y, dependiendo de las condiciones de mercado, con los rendimientos económicos por hectárea. La utilización del «entutorado» como sistema de conducción alternativo al tradicional, ofrece una serie de ventajas agronómicas no exentas de inconvenientes. Seleccionar el número de ramificaciones que conforman la planta, lo que permite una mejor aireación del cultivo, mejorando la sanidad, además de un mayor aprovechamiento del espacio y la mayor captación de la radiación solar. Pero en el caso de la sandía, debido al elevado peso del fruto, este no es soportado por el pedúnculo, que a partir de cierto tamaño acaba por romperse desprendiéndose el fruto de la planta. También hay que considerar que si ese peso fuese capaz de soportarlo la planta, habría que pensar en un cambio de los elementos estructurales de los invernaderos que tendrían que soportar 50-60 t/ha. Para solucionar una de las componentes del problema, en otras ocasiones, se optó por embolsar el fruto amarrando la bolsa a las líneas de tutores del invernadero. En experimentos posteriores lo que se ha hecho ha sido cortar el hilo del entutorado de la planta, una vez tenían los brotes el número de frutos deseados en desarrollo, completando la planta el resto de su ciclo sobre el suelo en modo rastrero, que es la forma tradicional para el cultivo de la sandía.

Figura 5. Sandía entutorada con sujeción del fruto con red



Figura 6. Sandía entutorada preparada para descuelgue una vez desarrollados los frutos



Figura 7. Sandía descolgada tras sus inicios de desarrollo entutoradas



5. El cuaje de los frutos

El fruto proviene del desarrollo del ovario. Esta formación se produce en dos fases:

- a) División celular.
- b) Crecimiento celular.

En la primera, las células se dedican solamente a dividirse, aumentando muy poco el volumen del ovario, ya que lo que hay es un reparto del material nuclear entre las células hijas. Una vez completada esta fase (en la que hay un incremento del número de células de 1 a 1.000) las células hijas comienzan a aumentar de tamaño, por acumulación de azúcares y otras sustancias orgánicas proporcionadas por las hojas. Paralelamente a estos procesos se lleva a cabo el desarrollo de las semillas, una vez que el fruto ha alcanzado su máximo tamaño comienza el proceso de maduración, que para el fruto de la sandía es como sigue: Se distingue un primer periodo de escaso desarrollo, fase de división celular (5-10 días en función de variedades y climatología), al cual le sigue un segundo periodo de gran aumento de tamaño de los frutos, fase de engrosamiento celular (15-25 días en función de variedades y climatología).

Desde que se produce la fecundación hasta la cosecha, va un periodo de 25-45 días, menor a medida que la plantación es más tardía.

5.1. Fisiología de la fecundación

Cuando las plantas han pasado por una serie de estados de desarrollo y se dan unas condiciones ambientales concretas se produce la floración. Esta se realiza de forma escalonada, de modo que en la planta (o plantación) existen flores en diferentes estados. Para definir el estado de floración en que se encuentra una plantación se utiliza el concepto de estado más frecuente, definible como el estado que aparece en mayor proporción en ese momento. Este estado sirve de referencia y tiene interés práctico para decidir aplicaciones fitosanitarias, aplicaciones hormonales, entrada de insectos polinizadores, etc.

Desde el punto de vista reproductivo la fecundación de los frutos comienza con la emisión de granos de polen, los cuales son transportados de la flor masculina a la femenina por medio de abejas, otros insectos o aire. Una vez que se deposita el polen sobre el estigma de la flor femenina se produce su

germinación y la emisión del tubo polínico, el cual avanza por el interior del estilo (siendo alimentado por los tejidos de este) hasta que llega a la cercanía de un óvulo. Por la acción de las células sinérgidas, se produce la división del núcleo germinativo del grano de polen y la doble fecundación de la ovocélula y el núcleo secundario. El cigoto formado comienza a dividirse para ir formando el embrión y el núcleo triploide hace lo propio y forma los tejidos de reserva de la futura semilla. Las cubiertas de los óvulos se transformarán en las cubiertas de la semilla.

La emisión del tubo polínico y su posterior desarrollo está condicionado por la naturaleza bioquímica del jugo que recubre el estigma y de los nutrientes suministrados por el estilo. El desarrollo del tubo polínico ha de ser rápido, de modo que cuando llegue al óvulo este se encuentre vivo. El proceso descrito, polinización-fecundación, se puede ver alterado por una serie de circunstancias que traen como consecuencia la falta de fecundación y que se traduce en falta de frutos.

Para conseguir un buen desarrollo del fruto de la sandía se considera necesario la afluencia media de 500-1.000 granos de polen por cada flor femenina, lo que se consigue con una población de una abeja por cada 100 flores femeninas y unas diez visitas de la abeja a la flor.

Las causas de esterilidad son muy diversas. Las más frecuentes son:

- a) Emisión de polen no viable.
- b) Sincronización en la maduración de polen y óvulos. No se da dentro de una misma variedad pero si es frecuente entre variedades distintas.
- c) A veces ocurre que cuando el polen llega al ovario el óvulo no está por aborto del mismo.
- d) En otros casos el polen se encuentra con un óvulo cuya posición cromosómica es diferente a la de él. Es el caso de polinización entre variedades diploides y triploides. En estas últimas es más difícil la fecundación que en las primeras.

La fecundación de la flor está influenciada por la acción de ciertas hormonas y por la climatología desfavorable; el frío y la falta de luminosidad ejercen una acción retardada en la apertura total de la flor impidiendo la acción de los insectos polinizadores.

La sandía necesita de gran cantidad de granos de polen para que tenga lugar un buen cuajado y desarrollo de los frutos. Una polinización escasa produce frutos deformados. Por ello resulta conveniente colocar colmenas, al menos dos por hectárea, para asegurar una buena polinización. En asociación de sandía triploide con diploide, cuanto menor sea la proporción de polinizador mayor debe ser la población de abejas.

5.2. Cuidados a las colmenas

El manejo de las colmenas es importante para sacarle a las mismas el mayor rendimiento; de modo global se deben tener presentes las siguientes observaciones:

- a) No utilizar productos incompatibles en los últimos 10-12 días antes de introducir las colmenas.
- b) Evitar la colocación de las mismas debajo de goteros, humedad, lluvia, cubriéndolas con una bandeja de poliestireno o similar y plástico y, material de sombreo.
- c) Deben estar a una altura mínima de 30 cm del suelo y siempre orientadas hacia el sur.
- d) Colocar en la zona más fresca del invernadero.
- e) Las abejas pueden tardar en adaptarse a su nuevo entorno entre 2 y 5 días.
- f) Evitar el acceso de hormigas a la colmena aplicando cola entomológica, grasa, polvo insecticida, azufre o pegamento alrededor del lugar donde se han colocado.
- g) Una vez colocada la colmena, esperar un mínimo de 2 horas para abrirla, y en caso de colocarla por la tarde, esperar al día siguiente.
- h) Revisar periódicamente la actividad de las abejas observando el vuelo de las mismas, las manchas de polen sobre las hojas y desarrollo de los frutos.
- i) Consultar la lista de productos fitosanitarios compatibles con las abejas.
- j) Cerrar la colmena el día antes de tratar, una vez que ha oscurecido y estén todos los insectos dentro.
- k) Sacar la colmena con sumo cuidado del invernadero.

- l) La colmena llevarla a un lugar alejado 4-5 km, y abrir la piquera para que trabaje las jornadas que no van a estar en el invernadero.
- m) Si el plazo indicado es de 3 días o menos, colocar la colmena en un sitio fresco y ventilado, lejos de los productos fitosanitarios.
- n) Pasado el plazo indicado en el cultivo tratado, se vuelven a introducir las colmenas debiendo colocarlas en el mismo lugar que se encontraban inicialmente.
- o) Prevenir los efectos indeseados de los tratamientos vecinos subiendo las bandas o retirando las colmenas en caso de productos muy tóxicos

5.3. El empleo de fitorreguladores

Gran parte de las actividades fisiológicas de las plantas están reguladas por hormonas vegetales. Como otros seres vivos, las plantas disponen de un complejo sistema hormonal sintetizándose en tejidos de las mismas, a diferencia de los animales en que las hormonas son sintetizadas por células especializadas, lo que supone un ahorro de energía ya que los tejidos vegetales son multifuncionales. Una hormona vegetal se caracteriza por:

- a) Ser de naturaleza orgánica.
- b) Tener origen endógeno.
- c) Regular el metabolismo, la nutrición y el desarrollo.
- d) Actuar la mayoría de las veces en lugar distinto de donde se producen.

La aplicación de hormonas sintéticas a los vegetales produce una amplia gama de efectos por su interacción con el resto del complejo hormonal de la planta. Por tanto, cuando nos planteemos realizar tal intervención tendremos que pensar en la palabra equilibrio entre las diferentes hormonas, que determinan efectos más complejos que observadas en el plano individual.

Otro punto a tener muy presente en el momento de la aplicación es el de la concentración adecuada: concentraciones mayores o menores no producen el efecto deseado. Concentraciones no adecuadas por exceso pueden llegar a presentar efectos contrarios a los que se desean, además de poder resultar tóxicas para las plantas. Es importantísimo tener presente que las concentraciones de determinadas hormonas varían de un tejido a otro.

En la práctica agronómica se están utilizando una serie de productos que no son hormonas vegetales naturales ni de síntesis, son sustancias químicas que no existen en la naturaleza y que a veces no se parecen a las hormonas naturales, pero que alteran el metabolismo del vegetal y que nos hacen obtener de él un objetivo concreto, se denominan reguladores de desarrollo.

Hecha la introducción anterior, en orden a que analicemos pros y contras antes de realizar una aplicación hormonal en sandía, analizaremos cuál es la situación actual del empleo de fitoreguladores en este cultivo.

Como premisa debemos decir que el modelo más aconsejable para la polinización de sandías es la utilización de insectos polinizadores, en concreto de abejas «*Apis mellifera*», siguiendo los consejos que se han dado anteriormente.

Los fitoreguladores, sobre los que se están trabajando a nivel de investigación, así como los autorizados en el cultivo de la sandía, en mayo de 2012, se pueden apreciar en la Tabla 4. Obsérvese que son 4 auxinas, una combinación de estas con giberelinas, una giberelina y una citoquinina.

Tabla 4. Fitorreguladores que se están empleando en investigación y en producción de sandía con indicación de su estatus legal

Producto Comercial	Materia Activa	Dosis utilizadas
Antidrop	2,4 D; 3,2 % - Ya no registrado	12,8 y 19,8 ppm
-	2,4 D - No autorizado en sandía	16-20 ppm.
Cornar 40	MCPA 40 % - No autorizado en sandía	16-20 ppm
Fruitone - Hormoprín	ANA 0,45 % + 1,2 % ANA AMIDA	10 ppm. ANA
Fengib	AG 0,5 % + MCPA 1 % (Ester tioetilico)	300-500 ppm
Berelex	AG - No autorizado en sandía	20 ppm
CPPU	1 (2 cloro 4 piridil) 3 Fenil urea - Solo autorizado en kiwi	200 ppm

Fuente: Magrama (2012).

5.3.1. Auxinas

Palabra de origen griego cuyo significado es «crecer». Es un estimulante de la elongación. Es un producto que se encuentra en toda la planta, aunque sus máximas concentraciones están en las zonas de crecimiento activo regulando las fases del desarrollo vegetal. Influyen en el crecimiento de los diversos órganos de las plantas, tales como raíces, tallos, hojas y frutos, estimulando el alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras.

El transporte de esta sustancia es polar, siendo basípeto en el tallo y acrópeto en la raíz.

Los productos autorizados para su uso en sandía son el Fruitone y Hormoprin (ANA 0,45 % + ANA AMIDA 1,2 %), además del MCPA combinado con giberelinas en formulado comercial.

El ANA (ácido 1-naftilacético) más la forma amídica del mismo 2-(1-naftil) acetamida, produce en las plantas a las que se les incorpora, en función del lugar de la misma donde se aplica, del momento de aplicación y de la dosis empleada: cuaje o caída de frutos, inhibición del crecimiento e inducción a la formación de raíces. En el caso del cultivo de sandía su utilización es muy limitada pues, con bastante frecuencia, el ajuste de la dosis y lugar de la planta al que hay que aplicarlo para obtener un equilibrio en el cuaje de la fruta, es muy complicado, obteniendo en muchísimos casos frutos deformes.

5.3.2. Giberelinas

Son sustancias que intervienen en el desarrollo de la planta. Su nombre proviene del hongo *Gibberella fujikuroi* de donde fueron extraídas originalmente. La facilidad para obtenerlas y la rapidez con que se ven los efectos en los cultivos al aplicarla, ha hecho que sea una de las fitohormonas más empleadas en agricultura.

La síntesis de esta sustancia se realiza en hojas jóvenes y tallos, el transporte se hace a través de los tejidos vasculares, siendo sus efectos alargamiento de tallos. También rompen el letargo de los brotes y semillas.

El producto autorizado para su uso en sandía es una combinación preparada en laboratorio de ácido giberélico (0,5 %) más el ácido 4-cloro-2-toliloxiacético (1 %); este último es una auxina de síntesis. La asociación de ambos fitorreguladores, inducen al cuajado del fruto, favoreciendo la fijación, el engorde y la homogeneidad de los mismos.

5.3.3. Citoquininas

La palabra citoquinina proviene de citokinesis (proceso de división celular), proceso fisiológico de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Este grupo de fitohormonas promueven la división y diferenciación celular.

La síntesis de las citoquininas se realiza en el meristemo apical de la raíz, el transporte se hace a través del xilema para distribuirse por la planta a través del floema. Intervienen en la división celular, en los brotes, retrasando el envejecimiento de hojas.

En occidente no hay ninguna citoquinina autorizada en el cultivo de la sandía, situación que se contrapone a las autorizaciones que tienen de estos productos en oriente. En los países occidentales el florchlorfenuron (CPPU) está autorizado en cultivos como la uva y el kiwi, en el caso de España lo está en este último.

En los apartados 7 y 8 de este capítulo, podrán ver el desarrollo de experimentos realizados por el grupo AGR200 de la Universidad de Almería, financiados por el INIA, y que vienen a ratificar los excelentes resultados que obtienen japoneses y coreanos con esta técnica que, desde el punto de vista de carga al cultivo y por tanto los posibles residuos sobre los frutos, son inexistentes y por supuesto inmensamente menores a los que se pueden provocar en cultivos como la uva y el kiwi.

6. Experimentos de densidad de plantación (proyectos Onudi en México)

6.1. Materiales y métodos

Los experimentos fueron realizados al sureste del Estado de Colima en México (19,1° latitud norte y 103,6° longitud oeste) en el periodo otoño-invierno, durante dos años consecutivos, en un suelo infectado de forma natural con *Olpidium bornovanus* y MNSV. (Análisis realizados en el laboratorio de Patología Vegetal de la Universidad de Almería, antes de realizar la plantación y al terminar el segundo año de cultivo).

El suelo es de textura franco arenosa, con 1,72 % de materia orgánica y valores de pH y CE en el extracto de saturación de 6,5 y 0,9 dS·m⁻¹ respectivamente. Las propiedades fisicoquímicas del agua de riego empleada fueron las siguientes: pH, 7,4; CE, 0,9 dS·m⁻¹; Ca²⁺, 0,38 mmol·L⁻¹; Mg²⁺, 0,15 mmol·L⁻¹; Na⁺, 2,96 mmol·L⁻¹; Cl⁻, 2,0 mmol·L⁻¹; HCO₃⁻, 2,2 mmol·L⁻¹. Los nutrientes fueron aplicados en sistema de riego por goteo con las siguientes concentraciones en la solución: NO₃⁻, 10 mmol·L⁻¹; H₂PO₄⁻, 2 mmol·L⁻¹; SO₄²⁻, 2 mmol·L⁻¹; HCO₃⁻, 0,5 mmol·L⁻¹; K⁺, 8 mmol·L⁻¹; Ca²⁺, 6 mmol·L⁻¹ y Mg²⁺, 2 mmol·L⁻¹.

La sandía triploide que se utilizó fue el cultivar «Tri-X 313», teniendo como polinizador el cultivar diploide «Sangría». Los portainjertos utilizados fueron «RS841» y «Shintosa Camelforce», ambos híbridos interespecíficos de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*. La sandía se sembró entre 7 y 12 días antes que los portainjertos, en bandejas de 200 alveolos de 25 cm³ de volumen. El injerto se realizó cuando ambos, patrón y variedad, tenían la primera hoja verdadera completamente desarrollada.

Los experimentos, para cada portainjertos, fueron independientes bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. En dos tratamientos se tuvieron plantas sin injertar, uno en suelo sin fumigar y el otro en suelo fumigado con BM, pero ambos con 3.472 plantas/ha (100 %); densidad que normalmente utilizan los productores en la región. Los tres tratamientos restantes tuvieron planta injertada y suelo sin fumigar, con 2.778 (80 %), 2.083 (60 %) y 1.736 (50 %) plantas/ha respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción		
	Desinfección del suelo con BM	Planta injertada	Densidad (Plantas/ha)
T ₀	No	No	3.472
T ₀ B	Sí	No	3.472
T ₁	No	Sí	2.778
T ₂	No	Sí	2.083
T ₃	No	Sí	1.736

Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza y la separación de medias a través del procedimiento de mínima diferencia significativa de Fisher ($p < 0,05$), utilizándose el programa estadístico Statgraphics plus 4,0 para Windows.

Para las densidades se mantuvo la forma en que se planta normalmente la sandía: camas de 0,70 m de ancho con separación de 3,6 m entre ellas (de centro a centro). Se acolcharon con polietileno gris.

En los experimentos en que se utilizó el portainjertos «RS841», cada unidad experimental constó de seis camas; mientras que en los experimentos en que se utilizó «Shintosa Camelforce», se tuvieron cuatro. La longitud de las camas en ambos, fue de 27 m.

El trasplante se realizó el 24 de noviembre en 2006 (primer año) y el 18 de noviembre de 2007 (segundo año). La relación de sandía triploide/diploide fue 2:1 en la misma cama. La polinización se realizó con abejas (*Apis mellifera*), las cuales se introdujeron a los 25 días después del trasplante (ddt) con una permanencia de 33 días en el primer año; mientras que en el segundo se pusieron a los 36 ddt y se dejaron durante 45 días. En ambos casos se dosificó a 4 colmenas/ha.

La cosecha se realizó por profesionales especializados, los cuales solamente cortaron los frutos que cumplieron con los estándares de calidad para la comercialización. En el primer año se realizaron 11 recolecciones desde el 31 de enero al 12 de abril. En el segundo año, se llevaron a cabo 8 recolecciones desde el 1 de Febrero hasta el 31 Marzo. Para cada una de las cosechas, en cada parcela se contaron todos los frutos recolectados, seleccionando cinco de «Tri-X 313» y dos de «Sangría» para pesarlos y de esa forma estimar la producción de cada tipo y la producción total, considerada como la suma de ambas. Para el análisis de calidad, en cada una de las cosechas, se realizaron tres mediciones de contenido de sólidos solubles y de firmeza de pulpa por parcela. No obstante, a las dos semanas de haber iniciado la cosecha, prácticamente más del 90 % de la planta de las parcelas de planta no injertada (T_0 y T_0B), se habían marchitado.

6.2. Resultados

Peso Medio de Fruto (PMF). Para los frutos obtenidos de las plantas injertadas sobre los dos portainjertos y en los dos años, se aprecian diferencias significativas en el peso medio del fruto, incluso altamente significativas para «Tri-X 313». El peso medio de los frutos obtenidos de las plantas injertadas, en todos los casos, superó a los obtenidos de las plantas sin injertar (Tablas 6 y 7). Esta diferencia fue mayor cuando se injertó sobre «RS841». El aumento en PMF de plantas injertadas con respecto al PMF de las no injertadas, se manifestó tanto en «TriX 313» como en «Sangría», variando entre el 13 y el 28 %.

El PMF de las plantas injertadas en las diferentes densidades (T_1 , T_2 y T_3) fue estadísticamente igual para las dos variedades de sandía, durante los dos años y sobre los dos portainjertos (Tablas 6 y 7).

Mención destacada merece el comportamiento de los frutos procedentes de los tratamientos T_0 y T_0B durante los dos años; comportándose el peso medio de fruto igual, tanto si procedía de parcela desinfectada con BM como de parcela no desinfectada.

Tabla 6. Peso medio de fruto y producción de sandía «Tri-X 313», «Sangría» y producción total en el experimento sobre «RS841»

2006-2007					
Tratamientos	Peso medio de fruto (kg)		Producción (kg/m ²)		
	Tri-X 313	Sangría	Tri-X 313	Sangría	Total
T ₀	4,34 b	5,80 bc	3,34 b	1,16 b	4,5 bc
T ₀ B	4,38 b	5,66 c	2,98 b	0,94 b	3,9 c
T ₁	5,14 a	6,60 a	5,00 a	2,28 a	7,3 a
T ₂	5,17 a	6,51 ab	4,57 a	2,01 a	6,6 ab
T ₃	5,22 a	6,87 a	4,76 a	2,24 a	7,0 ab
Valor <i>p</i>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04
2007-2008					
T ₀	5,08 b	5,50 b	2,45 b	1,04 b	3,49 b
T ₀ B	5,03 b	6,19 ab	2,20 b	1,12 b	3,32 b
T ₁	6,25 a	7,22 a	5,10 a	2,35 a	7,45 a
T ₂	6,54 a	7,66 a	5,42 a	1,68 a	7,11 a
T ₃	6,69 a	7,41 a	5,35 a	2,03 a	7,38 a
Valor <i>p</i>	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00

* Letras diferentes significan diferencias significativas en $P < 0,05$.

Producción. La producción total presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos en los dos años de experimentación. La producción total obtenida de planta injertada, en sus diferentes densidades de plantación (T₁, T₂ y T₃) fue mayor que la obtenida de planta sin injertar T₀ y T₀B (Tablas 6 y 7). En el caso de la producción procedente de planta injertada sobre «RS841», superó en 66 y 115 % a la producción procedente de la planta sin injertar en 2007 y 2008 respectivamente. En el caso de la producción obtenida de plantas sobre «Shintosa Camelforce», la producción total superó en 60 y 48 % al de la planta no injertada respectivamente, en los dos años mencionados.

Tabla 7. Peso medio de fruto y producción de sandía «Tri-X 313», «Sangría» y producción total en el experimento sobre «Shintosa Camelforce»

2006-2007					
Tratamiento	Peso medio de fruto (kg)		Producción (kg/m ²)		
	Tri-X 313	Sangría	Tri-X 313	Sangría	Total
T ₀	4,25 b	5,51 b	2,03	0,80 b	2,83 b
T ₀ B	4,10 b	5,92 b	1,61	0,75 b	2,36 b
T ₁	5,09 a	6,82 a	2,30	1,83 a	4,13 a
T ₂	5,14 a	6,98 a	1,95	2,18 a	4,14 a
T ₃	5,11 a	6,80 a	2,44	1,72 ab	4,17 a
Valor p	0,00	0,00	0,55	0,02	0,10
2007-2008					
T ₀	5,48 b	6,12 c	2,80 b	1,51 b	4,33 b
T ₀ B	5,46 b	6,23 bc	2,45 b	1,51 b	3,96 b
T ₁	6,16 a	7,03 ab	4,32 a	1,83 ab	6,15 a
T ₂	6,10 a	6,85 abc	4,21 a	1,95 ab	6,16 a
T ₃	6,35 a	7,18 a	3,97 a	2,10 a	6,07 a
Valor p	0,01	0,05	0,00	0,08	0,00

* Letras diferentes significan diferencias significativas en $P < 0,05$.

Con respecto a los tratamientos de diferentes densidades en plantas injertadas (T₁, T₂, T₃) estos presentaron valores similares en la producción por unidad de superficie en los dos años y en los dos portainjertos.

Los híbridos interespecíficos de *C. maxima* x *C. moschata* utilizados en este experimento, poseen un vigoroso sistema radicular, por lo que las plantas injertadas sobre este, pueden absorber más eficientemente el agua y nutrientes que la planta sin injertar.

Los resultados anteriores indican que el peso medio de fruto está fuertemente influenciado por el injerto, en cualquiera de los dos portainjertos comerciales del híbrido, y es un componente importante del rendimiento,

Firmeza. A pesar de que la firmeza es una de las características propias de la variedad, esta puede verse afectada por diversos factores de manejo; incluido el injerto. Esta técnica influyó de manera altamente significativa en este

parámetro. Los frutos procedentes de plantas injertadas de las dos variedades de sandía, sobre los dos portainjertos y en los dos años de experimentación, presentaron valores más altos que los frutos procedentes de las plantas no injertadas (Tablas 8 y 9). En este experimento, los valores de firmeza en frutos de «Tri-X 313» fluctuaron desde 1,63 hasta 2,33 kg/cm² los cuales se encuentran dentro de los valores de lo que se considera una sandía «crujiente» (Camacho y Fernández, 2000).

Tabla 8. Parámetros de calidad sandía «Tri-X 313» y «Sangría» en el experimento sobre «RS841»

2006-2007				
Tratamiento	Tri-X 313		Sangría	
	Firmeza (kg/cm ²)	Sólidos solubles °Brix	Firmeza (kg/cm ²)	Sólidos solubles °Brix
T ₀	1,83 b	9,64	1,66 c	9,78
T ₀ B	1,79 b	9,71	1,66 c	8,79
T ₁	2,19 a	9,78	1,86 ab	9,17
T ₂	2,19 a	9,57	1,82 b	9,20
T ₃	2,25 a	9,78	2,00 a	8,90
Valor <i>p</i>	0,00	0,95	0,00	0,14
2007-2008				
T ₀	1,63 d	10,00	1,31 c	9,80
T ₀ B	1,81 c	9,89	1,49 b	9,10
T ₁	2,03 b	9,82	1,83 a	9,18
T ₂	2,23 a	10,25	1,83 a	9,22
T ₃	2,00 b	9,99	1,84 a	9,36
Valor <i>p</i>	0,00	0,87	0,00	0,51

* Letras diferentes significan diferencias significativas en $P < 0,05$.

Si se compara la firmeza de los frutos de las dos variedades en los tratamientos de planta no injertada (T₀ y T₀B), no se aprecian diferencias estadísticas en la «Tri-X 313», pero sí en «Sangría»; sin embargo, el mayor de los valores es menor que los que presentan los frutos procedentes de planta injertada.

Tabla 9. Parámetros de calidad sandía «Tri-X 313» y «Sangría» en el experimento sobre «Shintosa Camelforce»

2006-2007				
Tratamiento	Tri-X 313		Sangría	
	Firmeza (kg/cm ²)	Sólidos solubles °Brix	Firmeza (kg/cm ²)	Sólidos solubles °Brix
T ₀	1,87 c	9,52	1,73	9,09
T ₀ B	1,88 c	9,21	1,71	8,81
T ₁	2,13 bc	9,52	1,76	8,65
T ₂	2,03 ab	9,63	1,87	8,86
T ₃	2,25 a	9,67	1,87	9,25
Valor p	0,00	0,44	0,07	0,41
2007-2008				
T ₀	1,89 c	10,51	1,55 c	10,00
T ₀ B	1,89 c	10,03	1,53 c	9,85
T ₁	2,20 ab	9,94	1,70 b	9,22
T ₂	2,33 a	9,82	1,68 b	9,14
T ₃	2,11 b	10,08	1,92 a	9,42
Valor p	0,00	0,46	0,00	0,12

* Letras diferentes significan diferencias significativas en $P < 0,05$.

Contenido de sólidos solubles (SS). En los dos años de experimento y para frutos procedentes de planta injertada, el contenido de sólidos solubles no se vio afectado en ningún tratamiento. El contenido de sólidos solubles en los frutos obtenidos de plantas injertadas fue similar al de los frutos obtenidos de las plantas no injertadas (Tablas 8 y 9).

6.3. Conclusiones

La producción total de sandía obtenida sobre los portainjertos «RS841» y «Shintosa Camelforce» en suelo sin desinfectar con BM, superaron en 115 y 58 % respectivamente, a la producción total obtenida con planta sin injertar en suelo desinfectado con BM, con lo que el injerto se puede considerar una alternativa a ese fumigante.

Con la utilización de planta injertada de sandía se puede reducir la densidad de plantación hasta un 50 % con respecto a la densidad que se utiliza de planta sin injertar, obteniendo producciones mayores que esta.

En planta sin injertar y suelos infectados de MNSV y *Olpidium bornovanus*, no existieron diferencias significativas entre la producción obtenida en suelos desinfectados y no desinfectados con BM.

El injerto produjo siempre un mayor tamaño en el fruto.

Los frutos que proceden de plantas injertadas siempre tuvieron mayor firmeza que aquellos provenientes de plantas sin injertar, sin afectar al contenido en sólidos solubles.

7. Experimentos entutorado temporal de la sandía (para la tesis doctoral de Javier Núñez)

7.1. Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP situada en el Paraje de los Goterones en el término municipal de Almería, con longitud este 2,17° y latitud norte 36,52°. El cultivo se desarrolló bajo un invernadero multicapilla tipo «raspa y amagado» de 5 m de alto en cumbrera y 4,5 m en hombrera, con orientación este-oeste, suelo arenado y una superficie total invernada de 1.800 m². La cubierta plástica era de polietileno tritérico de 200 micras, con una vida útil de tres años. La ventilación de los módulos, era pasiva con ventanas laterales y cenitales protegidas con malla antitrips de 50 mesh. El control climático se realizó de manera manual. Frente a las elevadas temperaturas de los meses de mayo y junio, se procedió al pintado con carbonato cálcico de la cubierta plástica del invernadero en los días 10 de mayo de 2005 (92 días después del transplante, ddt) para el primer experimento y 18 de mayo de 2006 (98 ddt) para el segundo. El cultivar de sandía triploide utilizado fue Reina de Corazones injertada sobre el híbrido interespecífico *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* cv. Strongtosa.

El establecimiento de los cultivos en ambos experimentos fue el día 8 de febrero en 2005 y 10 de febrero en 2006, realizándose una cosecha precoz el día 4 de mayo en 2005 (86 ddt) y el 4 y 11 de mayo en 2006 (84 y 91 ddt). Ambas cosechas fueron obtenidas con las aplicaciones de CPPU, realizadas en la última semana de marzo y primera de abril de 2005 y 2006, procediéndose posteriormente a rebrotar la planta y volver a cuajar frutos sobre los meses de

mayo junio para de nuevo cosechar este rebrote a finales de junio (ver Tablas 10, 11, 12 y 13, y Esquemas 1 y 2).

Tabla 10. Fecha de aplicación de los fitorreguladores del ensayo de primavera de 2005, días después de del transplante de la misma (ddt), concentración de la disolución en agua en ppm y disposición del cultivo

Fecha	DDT	Fitorregulador	Concentración (ppm)	Disposición del cultivo
18/3/2005	38	CPPU	200	Entutorado/rastrero
23/3/2005	43	CPPU	200	Entutorado/rastrero
30/3/2005	50	CPPU	150	Entutorado/rastrero

Tabla 11. Fecha de aplicación de los fitorreguladores para rebrote del ensayo de primavera de 2005, días después de del transplante de la misma (ddt), concentración de la disolución en ppm y disposición del cultivo

Fecha	DDT	Fitorregulador	Concentración (ppm)	Disposición del cultivo
11/5/2005	92	CPPU	100	Rastrero
21/5/2005	102	CPPU	100	Rastrero

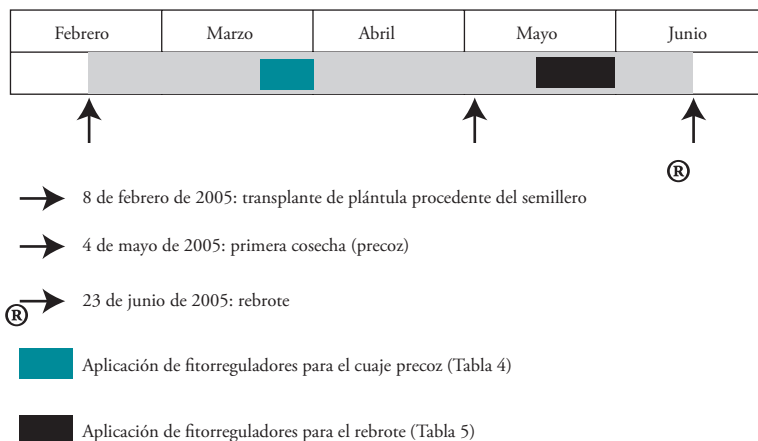
Tabla 12. Fecha de aplicación de los fitorreguladores del ensayo de primavera de 2006, días después de del transplante de la misma (ddt), concentración de la disolución en ppm y disposición del cultivo

Fecha	DDT	Concentración (ppm)	Disposición del cultivo
20/3/2006	40	200	Entutorado/rastrero
23/3/2006	43	200	Entutorado/rastrero
28/3/2006	48	200	Entutorado/rastrero
30/3/2006	50	200	Entutorado/rastrero
3/4/2006	53	150	Entutorado/rastrero
6/4/2006	56	150	Entutorado/rastrero

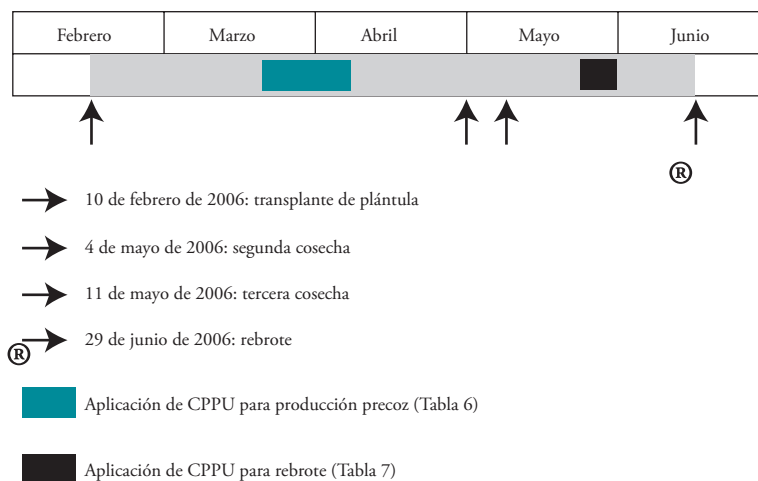
Tabla 13. Fecha de aplicación de los fitorreguladores para rebrote del ensayo de primavera de 2006, días después de del transplante de la misma (ddt), concentración de la disolución en ppm y disposición del cultivo

Fecha	DDT	Concentración (ppm)	Disposición del cultivo
22/5/2006	103	150	Rastrero
26/5/2006	107	150	Rastrero
31/5/2006	111	100	Rastrero

Esquema 1. Experimento primavera 2005



Esquema 2. Ensayo primavera 2006



Los marcos de plantación fueron: para cultivo rastroero de 4 m entre líneas de cultivo y 1 m entre plantas (densidad de plantación de 0,25 plantas/m²) y para cultivo entutorado de 2 m entre líneas y 0,5 m entre plantas (densidad de plantación de 1 planta/m²). Se procedió a entutorarlas los días 2/3/2005 (23 ddt) en el primer experimento y el 4/3/2006 (23 ddt) en el segundo; se seleccionaron 4 brotes de las plantas, eliminando el resto de brotes que no se

entutoraron. El entutorado se mantuvo para el primer experimento hasta el 29/3/2005 (27 días), y el 27/3/2006 (23 días) para el segundo, procediéndose a descolgar la planta y dejarla en el suelo.

El desarrollo de la flor femenina se indujo con el empleo de la citoquinina autorizada para kiwi en España y en otros países (base datos del MAPA) CPPU; 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea; nombre común forchlorfenuron. La aplicación de la solución se realizó con nebulizador manual directamente sobre cada flor femenina, aplicando sobre cada ovario un volumen de 0,5 ml de disolución.

El diseño fue en bloques completamente aleatorizados siguiendo un modelo lineal, con cuatro bloques y dos tratamientos, que corresponden con los dos sistemas de conducción experimentados. Las dimensiones de las parcelas elementales fueron de 15 x 6,80 m.

Para la toma de datos se contaron todos los frutos cosechados en cada parcela elemental y se seleccionaron 10 frutos al azar de cada una de ellas, los cuales se pesaron para determinar los parámetros de producción: producción precoz (kg/m^2) y producción total (kg/m^2), así como componentes del rendimiento (peso medio del fruto (kg), número de frutos/ m^2 , número de frutos/planta). De los 10 frutos se seleccionaron 3 de manera aleatoria para análisis de calidad externa (perímetro longitudinal, transversal, coeficiente de forma y tamaño de cicatriz pistilar (mm) y calidad interna –firmeza de pulpa (kg/cm^2)–, pH, espesor de corteza (mm), °Brix y color de la pulpa).

Los datos se analizaron estadísticamente mediante un análisis Anova de la varianza para un nivel de confianza del 95 %, aplicando el test de rangos múltiples (LSD) para discriminar entre las medias.

7.2. Resultados

El efecto de los sistemas de conducción utilizados en el cultivo de sandía triploide cv. Reina de Corazones sobre la producción precoz y total acumulada (kg/m^2) y los componentes del rendimiento frutos/ m^2 y frutos/planta se muestra en la Tabla 14.

En el cultivo de sandía se considera cosecha precoz a la que se obtiene en el primer corte de frutos o a la que se consigue con el primer y segundo corte de frutos, siempre que entre ambos no haya una diferencia superior a una semana. La producción precoz es la que se consiguió a los 92 ddt en la campaña

2005 y la obtenida en los cortes a los 83 y 90 ddt, en la campaña 2006. Tras estas recolecciones se procedió a rebrotar la sandía formando nuevos tallos y produciéndose una nueva floración, que se volvió a cuajar obteniéndose otra cosecha a los 142 ddt en la campaña 2005 y a los 139 ddt en la campaña 2006. A esta cosecha la denominamos «rebrote».

Tabla 14. Efecto del sistema de conducción en el cultivo de sandía triploide cv. Reina de Corazones utilizando CPPU para el cuaje de frutos sobre la producción comercial (kg/m²) y componentes de producción (frutos/m², frutos/planta) tanto para producción precoz como total

Tratamiento	Producción comercial (Kg/m ²)		Frutos comerciales/m ²		Frutos comerciales/planta	
	Precoz	Total	Precoz	Total	Precoz	Total
Experimento primavera 2005:						
Rastrero	6,05 a	8,30 b	0,95 b	1,45 b	3,80 a	5,78 a
Entutorado	8,31 a	10,72 a	1,63 a	2,13 a	1,63 b	2,13 b
p-value	0,0839	0,0423	0,0234	0,0121	0,0317	0,0093
Coef. Var.	22,96	16,88	33,07	23,16	40,03	51,00
Error stand.	0,67	0,66	0,17	0,17	0,51	0,82
Experimento primavera 2006:						
Rastrero	5,10 a	6,95 a	1,18 b	3,03 b	3,57 a	5,26 a
Entutorado	5,64 a	7,87 a	2,20 a	3,65 a	1,20 b	1,69 b
p-value	0,4614	0,0519	0,0053	0,0189	0,0000	0,0000
Coef. Var.	24,83	12,37	42,40	15,54	59,60	59,58
Error stand.	0,34	0,23	0,19	0,13	0,31	0,45

* Test de mínimas diferencias significativas. Análisis LSD. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para $p < 0,05$.

Observamos como en el experimento realizado en la primavera de 2005, las diferencias en la producción comercial obtenidas por los distintos sistemas de cultivo son significativas, superando en 2,42 kg/m² el cultivo entutorado al cultivo rastrero. Estos resultados no se confirman en el experimento realizado en la primavera de 2006.

Con respecto a la producción precoz acumulada no se dieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos pese a que el tratamiento «entutorado» posee una mayor densidad de plantación (0,25 plantas/m²) frente al tratamiento rastrero (1 planta/m²). Si hubo diferencias significativas en ambos

ensayos en el parámetro frutos comerciales por unidad de superficie a favor del cultivo entutorado, tanto para la producción precoz como total; como era de esperar se obtienen diferencias en número de frutos comerciales por planta, en esta ocasión favorable al cultivo rastrero.

Se debe de tener en cuenta que el «rebrote» supone entre el 12,5 y 16,5 % respectivamente de la producción comercial. El fruto del rebrote se desarrolló aplicando otra vez CPPU cuando la planta entutorada ya estaba en el suelo, no existiendo en esa aplicación ninguna diferencia en el modo de hacer entre los dos sistemas de cultivo experimentados.

La producción media obtenida en los experimentos es comparable a las producciones comerciales obtenidas en la zona con polinizaciones entomófilas en el mismo cultivar y en condiciones de cultivo similares a las planteadas en los experimentos, donde las medias obtenidas estuvieron en torno a 6 kg/m² sobre 2/3 de superficie plantada con sandía triploide y 1/3 de la superficie plantada con sandía diploide.

Existen diferencias significativas en el peso medio del fruto que se cosecha precoz a favor del cultivo rastrero, no lo hay en la cosecha de rebrote (Tabla 15).

El coeficiente de forma no ha mostrado diferencias significativas entre los tratamientos, aunque sí existen esas diferencias en el perímetro longitudinal de los frutos cosechados precozmente, a favor del sistema rastrero.

No existieron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles y dureza de la pulpa entre los tratamientos en el experimento llevado a cabo en la primavera de 2006, (Tabla 16).

Con respecto al espesor de corteza y color de la pulpa, en la cosecha de 2006 se han obtenido diferencias significativas en los frutos de rebrote, obteniéndose frutos con menor espesor de corteza y de más intensidad de color de pulpa en el tratamiento rastrero que en el entutorado. En el primer experimento, no se obtuvieron diferencias significativas.

En el ensayo de primavera 2006, en el contenido de acidez, se han producido diferencias significativas en el corte a los 90 ddt obteniéndose sandías ligeramente más ácidas en el cultivo entutorado, no obteniéndose diferencias significativas en el rebrote. En el tamaño de la cicatriz pistilar se han obtenido cierres pistilares significativamente mayores en el cultivo rastrero frente al entutorado, estos resultados no se confirman en el experimento de 2005 al no mostrar diferencias significativas pese a que se mantiene la tendencia con valores medios superiores en el tamaño de la cicatriz pistilar.

Tabla 15. Efecto de la aplicación de fitoreguladores para el cuajado del fruto de sandía triploide cv. Reina de Corazones sobre el peso medio del fruto (kg), perímetro longitudinal (cm), perímetro transversal (cm), relación entre perímetro longitudinal y transversal (PL/PT)

Tratam.	Peso medio fruto (kg)		Perímetro longitudinal (pl)		Perímetro transversal (Pt)		Coeficiente de forma (pl/pt)					
	Precoz	Rebrote	Precoz	Rebrote	Precoz	Rebrote	Precoz	Rebrote				
	92 Ddt	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt.	92 Ddt	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt				
Experimento primavera 2005:												
Rastrero	6,40 A	4,59 A	76,84 A	68,99 A	79,93 A	63,94 A	1,04 A	1,08 A				
Entutorado	5,10 B	4,74 A	70,17 B	72,07 A	68,17 A	65,03 A	1,03 A	1,11 A				
P-value	0,0156	0,5202	0,0179	0,2565	0,0026	0,4218	0,7155	0,2544				
Coef. var.	13,81	5,97	5,60	4,33	5,72	1,86	3,53	3,14				
Error stand.	0,32	0,11	1,68	1,24	1,66	0,49	0,01	0,01				
Experimento primavera 2006:												
	Precoz		Rebrote		Precoz		Rebrote		Precoz		Rebrote	
	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt
Rastrero	6,04 A	4,92 A	4,30 A	74,09 A	67,46 A	66,08 A	68,77 A	65,37 A	61,78 A	1,08 A	1,03 A	1,07 A
Entutorado	5,23 B	4,02 B	4,38 A	69,43 B	63,09 B	66,72 A	66,93 B	61,30 B	61,99 A	1,03 B	1,02 A	1,08 A
P-value	0,0001	0,0000	0,6655	0,0000	0,0001	0,5264	0,0245	0,0000	0,7693	0,0000	0,7042	0,5004
Coef. var.	22,89	26,74	23,99	9,17	10,45	9,37	7,37	9,59	7,17	4,39	6,12	5,83
Error stand.	0,10	0,09	0,08	0,52	0,54	0,49	0,40	0,48	0,35	0,00	0,00	0,00

* Test de mínimas diferencias significativas. Análisis LSD. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para $p < 0,05$.

Tabla 16. Efecto del sistema de conducción en el cultivo de sandía triploide cv. Reina de Corazones sobre los parámetros de calidad: contenido de sólidos soluble (°Brix), grado de acidez (pH), dureza de la pulpa (kg/cm²), espesor de la corteza (mm), tamaño de cicatriz pistilar (mm) y color de la pulpa

Tratamiento	°brix		Ph		Dureza de pulpa (kg/cm2)		Espesor de corteza (Mm)		Tamaño de cicatriz pistilar (mm)		Color de la pulpa (1-4)	
	Rebote	Precoz	Rebote	Precoz	Precoz	Precoz	Rebote	Rebote	Precoz	Rebote	Precoz	Rebote
	142 Ddt.	92 Ddt.	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt.	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt	92 Ddt	142 Ddt
Experimento primavera 2005:												
Rastrero	11,97 A	5,60 A	5,37 A	3,70 A	2,72 A	14,68 A	12,56 A	14,77 A	12,87 A	2,47 A	3,00 A	
Entutorado	11,00 A	5,60 A	5,34 A	2,73 A	2,53 A	12,93 A	14,11 A	12,08 A	12,60 A	2,67 A	2,33 A	
P-value	0,1766	1,0000	0,2359	0,0986	0,6688	0,4257	0,1663	0,1543	0,3829	0,5973	0,2254	
Coef. Var.	6,37	2,26	2,07	20,39	14,18	12,62	11,40	21,69	11,33	31,43	28,50	
Error stand.	0,29	0,05	0,05	0,39	0,15	0,71	0,62	1,19	0,60	0,33	0,31	
Experimento primavera 2006:												
Rastrero	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	90 Ddt	83 Ddt	139 Ddt	83 Ddt	90 Ddt	139 Ddt
	10,64 A	5,64 A	5,59 B	2,12 A	2,14 A	13,94 A	13,47 A	15,23 A	12,97 A	2,94 A	2,66 A	2,77 A
Entutorado	11,06 A	5,61 A	5,72 A	2,20 A	2,25 A	14,70 A	13,10 A	11,96 B	13,63 A	2,76 A	2,73 A	2,20 B
	0,2339	0,6256	0,0548	0,5893	0,2335	0,4476	0,6678	0,0103	0,6698	0,2142	0,6857	0,0032
P-value	9,10	3,20	3,71	22,96	16,11	22,96	12,69	12,53	38,09	16,81	20,09	28,09
Coef. Var.	9,12	4,27	0,03	0,07	0,04	0,48	0,24	0,23	0,73	0,07	0,08	0,09
Error stand.	0,15	0,14	0,19	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

* Test de mínimas diferencias significativas. Análisis LSD. Valores numéricos seguidos de distinta letra denotan significación estadística para $p < 0,05$.

7.3. Conclusiones

El aumento de la densidad de plantación hasta 1 planta/m² mediante el sistema «entutorado temporal» incrementa el número de frutos comerciales por unidad de superficie, no obstante el potencial productivo de cada planta se ve reducido significativamente a consecuencia de la competencia entre ellas a medida que la densidad de plantación es mayor, no aportando ninguna ventaja con respecto al cultivo rastrero con una densidad de plantación cuatro veces menor.

En el sistema «entutorado-temporal», la sandía cv. Reina de Corazones reduce el peso medio de los frutos de modo significativo con respecto al cultivo rastrero menos denso, manteniendo la forma ligeramente elipsoidal característica de la variedad.

La calidad de la sandía cv. Reina de Corazones no se ve afectada por la intensificación del cultivo cuando esta ha sido entutorada temporalmente.

8. Experimentos utilizando fitorreguladores (2,4 D y CPPU) para el desarrollo del ovario de sandía (para la tesis doctoral de María Victoria Huitrón)

8.1. Materiales y métodos

Material Vegetal. Los experimentos fueron realizados durante dos ciclos de cultivo (primavera de 2003 y 2004), en el área de producción hortícola bajo invernadero de Almería (sureste de España). El material vegetal utilizado fue sandía (*Citrullus lanatus* cv. Reina de Corazones), de comportamiento uniforme, productivo, corteza rayada y ligeramente oblongo, injertada sobre el portainjertos RS841 (*C. maxima* x *C. moschata*). El trasplante se realizó en suelo modificado, localmente conocido como «suelo arenado» con pH de 8,7 y contenido de materia orgánica 3,62 %. Se utilizó un invernadero comercial tipo «raspa y amagado», con cubierta de polietileno tritérmico de 800 galgas de espesor, ventilación cenital y lateral protegidas con malla antiáfidos de 10 x 16 hilos cm⁻². La fertilización se aplicó a través del fertirriego, utilizando un cabezal automatizado y cantidades de N, P₂O₅ y K₂O equivalentes a 200, 150 y 350 kg/ha respectivamente, distribuidas según la etapa fenológica del cultivo y de acuerdo a las recomendaciones de Camacho y Fernández (2000).

Se realizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones en el primer año y 4 repeticiones en el segundo, siguiendo en ambos casos el mo-

delo lineal aditivo $y_{ij} = \mu_{ij} + \tau_{ij} + \beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$, donde $i = 1, 2, \dots, 6$ para los dos estudios; $j = 1, 2, 3$, en la primera campaña y $j = 1, 2, 3, 4$ en la segunda.

La parcela de ensayo tuvo una superficie de 896 y 504 m² el primer y segundo año respectivamente, resultando un número de plantas por parcela elemental de 8 o 6, plantadas a una densidad de 0,25 plantas/m².

Fitorreguladores evaluados. Los productos utilizados para el cuajado del fruto fueron Sitofex (formulación líquida de BASF) y Antidrop (Agrodán), los cuales contenían fitorreguladores sintéticos. La concentración del Sitofex fue de 1 % (p/v) de 1-(2-Cloro-4-piridil)-3-fenilurea (CPPU), del grupo de las citokininas; mientras que del Antidrop, fue de 3,2 % (p/v) de 2,4-D sal amina, perteneciente al grupo de las auxinas. Los tratamientos estuvieron definidos por las concentraciones de ingrediente activo de: 4, 6, 8 y 12 mg/L de 2,4-D y 50, 100, 150 y 200 mg/L de CPPU. A las diferentes soluciones de 2,4-D se les incorporó surfactante (alquil poliglicol al 20 % p/v. S.L. Mojante INAGRA a una concentración de 50 cm³/hl de producto comercial) y un fertilizante foliar (algas marinas 20-27,8 % SC. Goemar BM 86 Aragonesas a la concentración de 200 cm³/hl de producto comercial), aplicándolas a los 51 días después del trasplante (ddt), en el primer año de experimento y 59 ddt en el segundo año, sobre toda la masa foliar, a razón de 1.000 L·ha⁻¹, mediante una mochila de pulverización. Los tratamientos de CPPU se realizaron a los 51 y 59 ddt el primer año y a partir de 44 ddt, cada cuatro días hasta completar cinco aplicaciones el segundo año. El aplicador fue un nebulizador manual regulado para aplicar solamente un 0,5 cm³ de solución sobre cada ovario. Los dos tipos de fitorreguladores se aplicaron cuando la flor tenía sus pétalos totalmente extendidos.

Los invernaderos en los que se realizaron los ensayos se hermetizaron, para impedir el paso de insectos polinizadores desde el exterior a la plantación, en los dos experimentos solo se plantó sandía triploide con el objeto de que no hubiese polen de sandía diploide en la cercanía de las plantas.

Variables evaluadas. Para la determinación de los parámetros de producción, se evaluaron 8 plantas el primer año y 6 plantas en el segundo de cada unidad experimental. Los frutos se cosecharon a los 98 ddt en el primer experimento y a los 106 y 114 ddt en el segundo, registrando el número de frutos y su peso correspondiente para determinar la producción total, peso medio del fruto y el número de frutos por planta. Así mismo se seleccionaron tres frutos al azar por repetición para efectuar las mediciones de calidad. Los parámetros de calidad evaluados fueron: firmeza de pulpa, sólidos solubles totales

y pH; la firmeza de la pulpa estuvo representada como la media de tres lugares diferentes en un corte transversal del fruto y se realizó mediante un penetrómetro Bertuzzi modelo FT-327 con cabeza de 1 cm² y escala de 0-13 kg. El contenido de sólidos solubles totales fue medido con un refractómetro Atago modelo AT-1E con escala de 0 a 35 °Brix y 0,2 de precisión y el pH con un pHmetro HI-9811 con 0,2 unidades de precisión. Para las medidas de grosor de la corteza y el tamaño de cicatriz pistilar se empleó un calibre digital Mitutoyo modelo 500-191 U (intervalo de medida 125 mm y 0,01 mm de resolución).

Análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza y la separación de medias a través del procedimiento de mínima diferencia significativa de Fisher ($p < 0,05$), utilizándose el programa estadístico Statgraphics plus 4.0 para Windows.

8.2. Resultados

Producción. El CPPU aplicado al ovario en antesis y el 2,4-D aplicado mediante pulverización foliar promueven el crecimiento del fruto en flores no polinizadas de sandía triploide en cultivo bajo invernadero. El efecto de los distintos tratamientos y concentraciones de 2,4-D y CPPU en la producción de sandía en ambos experimentos se muestran en las Tablas 17 y 18. La producción total en el primer experimento fue mayor en los bloques tratados con CPPU que en los tratados con 2,4-D. Pero las diferencias entre CPPU y 2,4-D no fueron significativas para las concentraciones ensayadas, si exceptuamos la de 12 mg/L. Los valores más bajos de producción fueron obtenidos en los bloques tratados con 12 mg/L de 2,4-D.

Parámetros de Calidad. En las Tablas 19, 20, 21 y 22 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de parámetros de calidad. Los parámetros evaluados fueron: sólidos solubles totales, pH, firmeza de la pulpa, tamaño de cicatriz pistilar, grosor de corteza, perímetro longitudinal, perímetro transversal y la relación perímetro longitudinal perímetro transversal.

El contenido en sólidos solubles fue determinado como °Brix. Hubo diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles entre los tratamientos del primer experimento, pero no las hubo en el segundo experimento. Los contenidos tuvieron siempre valores superiores a los considerados aceptables en el mercado (8 °Brix).

Tabla 17. Efecto de la concentración de 2,4-D y CPPU sobre la producción y principales componentes del rendimiento de sandía triploide cv Reina de Corazones. Primer experimento (primavera 2003)

Tratamiento	Producción total		Frutos/planta	Peso medio del fruto (kg)
	(kg/m ²)	kg/planta		
200 mg/L de CPPU	9,58 a	38,57 a	7,06 a	5,46 ab
100 mg/L de CPPU	9,32 ab	37,05 ab	7,12 a	5,02 ab
50 mg/L de CPPU	8,44 ab	33,79 ab	6,43 a	5,25 ab
12 mg/L de 2.4-D	2,09 d	8,39 d	2,03 c	4,13 c
8 mg/L de 2.4-D	7,37 abc	29,50 abc	5,12 ab	5,76 a
6 mg/L de 2.4-D	6,36 bc	25,50 bc	5,50 a	464 bc
4 mg/L de 2.4-D	6,92 abc	27,63 abc	5,09 ab	5,42 ab
P-valor	***	***	***	*

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

* Evidentemente los testigos sin ningún tratamiento fueron improductivos.

Tabla 18. Efecto de la concentración de 2,4-D y CPPU sobre la producción y principales componentes del rendimiento de sandía triploide cv. Reina de Corazones. Segundo experimento (primavera 2004)

Tratamiento	Producción Total		Frutos/planta	Peso medio del fruto
	(kg/m ²)	kg/planta		(kg)
200 mg/L de CPPU	9,68 a	38,70 a	8,61 a	4,49 b
100 mg/L de CPPU	8,54 a	36,04 a	7,96 a	4,53 b
50 mg/L de CPPU	9,84 a	39,34 a	8,78 a	4,48 b
12 mg/L de 2.4-D	5,33 b	21,32 b	3,94 b	5,41 ab
8 mg/L de 2.4-D	5,39 b	23,14 b	4,31 b	5,37 ab
6 mg/L de 2.4-D	5,10 b	20,40 b	3,66 b	5,57 a
4 mg/L de 2.4-D	3,45 b	13,80 b	3,00 b	4,60 ab
P-valor	***	***	***	NS

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

Tabla 20. Efectos de diferentes concentraciones de 2,4-D y CPPU sobre el contenido total en sólidos solubles, pH, firmeza de pulpa y tamaño de cicatriz pistilar en sandía triploide cv. Reina de corazones. Primer experimento (primavera 2003)

Tratamiento	° Brix	pH	Firmeza de pulpa	Cicatriz pistilar
200 mg/L de CPPU	9,23 c	5,23 c	2,95 abc	13,94 cd
100 mg/L de CPPU	10,07 b	5,35 bc	2,61 cd	11,76 de
50 mg/L de CPPU	10,72 ab	5,29 c	2,82 bcd	12,11 de
12 mg/L de 2.4-D	10,75 ab	5,36 bc	3,04 ab	11,21 e
8 mg/L de 2.4-D	10,95 a	5,44 b	3,06 abc	16,59 b
6 mg/L de 2.4-D	10,63 ab	5,34 bc	2,53 d	14,42 bc
4 mg/L de 2.4-D	10,97 a	5,60 a	3,15 ab	14,62 bc
P	***	***	**	***

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

Tabla 21. Efectos de diferentes concentraciones de 2,4-D y CPPU sobre el contenido total en sólidos solubles, pH, Firmeza de pulpa y tamaño de cicatriz pistilar en sandía triploide cv. Reina de Corazones. Segundo experimento (primavera 2004)

Tratamiento	° Brix	pH	Firmeza de pulpa	Cicatriz pistilar
200 mg/L de CPPU	10,80 a	5,04 a	2,08 ab	12,72 cd
100 mg/L de CPPU	10,53 a	5,04 a	2,22 a	14,73 c
50 mg/L de CPPU	10,80 a	5,11 a	1,96 b	11,46 d
12 mg/L de 2.4-D	10,17 a	5,20 a	2,02 ab	21,48 ab
8 mg/L de 2.4-D	10,55 a	5,22 a	2,09 ab	23,06 a
6 mg/L de 2.4-D	10,32 a	5,29 a	2,03 ab	20,39 ab
4 mg/L de 2.4-D	10,69 a	5,06 a	2,09 ab	18,93 b
P	NS	NS	*	***

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

Tabla 22. Efectos de diferentes concentraciones de 2,4-D y CPPU sobre grosor de corteza, perímetro longitudinal (PL), perímetro transversal (PT) y relación PL/PT en sandía triploide cv. Reina de Corazones. Primer experimento

Tratamiento	Grosor de corteza	PL	PT	PL/PT
200 mg/L de CPPU	16,39 ab	71,53 a	65,10 b	1,10 a
100 mg/L de CPPU	15,31 b	69,27 a	63,82 bc	1,09 a
50 mg/L de CPPU	16,04 ab	71,55 a	63,67 bc	1,12 a
12 mg/L de 2.4-D	16,74 ab	63,35 b	58,70 d	1,07 a
8 mg/L de 2.4-D	16,70 ab	72,92 a	66,02 d	1,11 a
6 mg/L de 2.4-D	18,23 a	68,46 a	59,90 cd	1,14 a
4 mg/L de 2.4-D	18,73 a	68,69 a	61,69 bcd	1,12 a
P	*	**	***	NS

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

Tabla 24. Efectos de diferentes concentraciones de 2,4-D y CPPU sobre grosor de corteza, perímetro longitudinal (PL), perímetro transversal (PT) y relación PL/PT en sandía triploide cv Reina de Corazones. Segundo experimento

Tratamiento	Grosor de corteza (mm)	PL (cm)	PT (cm)	PL/PT
200 mg/L de CPPU	13,56 b	70,48 a	66,58 a	1,06 a
100 mg/L de CPPU	13,74 b	69,92 a	65,75 a	1,06 a
50 mg/L de CPPU	13,97 b	71,47 a	67,91 a	1,05 a
12 mg/L de 2.4-D	16,66 a	73,23 a	69,21 a	1,06 a
8 mg/L de 2.4-D	14,76 b	70,85 a	67,98 a	1,04 a
6 mg/L de 2.4-D	14,90 b	71,59 a	67,58 a	1,06 a
4 mg/L de 2.4-D	13,99 b	70,77 a	67,27 a	1,04 a
P	**	NS	NS	NS

* NS, *, **, *** No significativa o significativa para $P \leq 0,05$; 0,01 o 0,001, respectivamente.

La media del pH de los frutos en cosecha tuvo valores entre $5,37 \pm 0,18$ y $5,14 \pm 0,12$, para el primer y segundo experimentos respectivamente. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre el pH medido solo en el primer estudio, siendo los intervalos de pH de los frutos de 5,23-5,60 y 5,04-5,29 para el primer y segundo experimento, respectivamente.

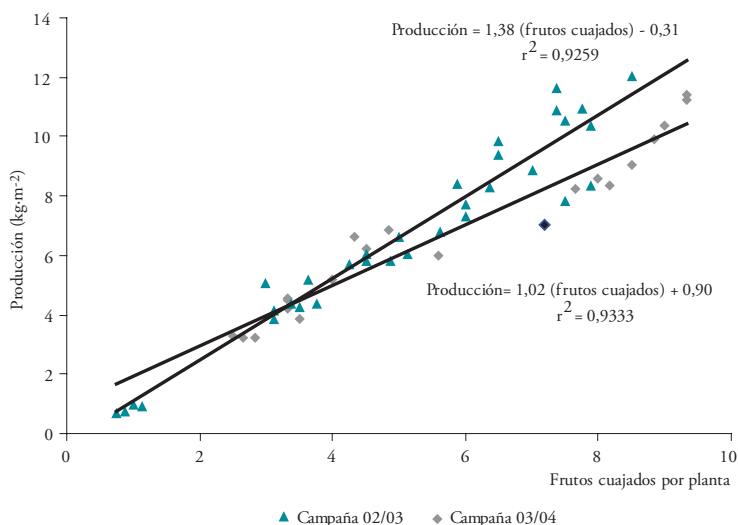
Los valores de firmeza de pulpa variaron desde 2,53 a 3,15 kg/cm² y 1,96 a 2,22 kg/cm² para el primer y segundo experimento respectivamente, con valores medios de $2,88 \pm 0,31$ y $2,07 \pm 0,13$.

Los resultados de tamaño de cicatriz pistilar muestran diferencias estadísticamente significativas entre 2,4-D y CPPU, correspondiendo los valores más bajos a CPPU. La media de las medidas realizadas fue de 14,21 mm y 12,6 mm para 2,4-D y CPPU respectivamente en el primer experimento y 20,97 mm y 12,97 mm para 2,4-D y CPPU en el segundo experimento.

Las medidas medias en espesor de corteza oscilaron entre $16,88 \pm 1,71$ y $14,51 \pm 1,55$ mm, para el primer y segundo ensayo respectivamente. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre algunos tratamientos de 2,4-D y los tratamientos de CPPU.

Por el contrario, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos de relación de PL/PT (perímetro longitudinal/perímetro transversal), resultando ser el fruto de forma oblonga.

Gráfico 1. Relación entre los frutos cuajados por planta y la producción del cv. Reina de Corazones. Campañas 2002/03 y 2003/04



Lo indicado en el Gráfico 1 indica que los valores de la producción expresada en kg/m² o en kg/planta en ambas campañas, son el reflejo del número de frutos cuajados.

Por otro lado, comparando estos resultados con los obtenidos en ensayos realizados en Almería por Camacho *et al.* (2003), los frutos cuajados en la campaña 2002/2003 para 50, 100 y 200 mg/L de CPPU, superan en 130, 55 y 48 % respectivamente al número de frutos cuajados del cultivar diploide Sweet Marvel con estas mismas concentraciones. Estos porcentajes son aún mayores si se considera el número de frutos cuajados con las concentraciones de 100 y 200 mg/L CPPU de la campaña 2003/2004.

8.3. Conclusiones

Los resultados presentados permiten confirmar que, en el lugar en que se realizan los experimentos, la producción obtenida con CPPU es similar a la que se obtiene utilizando insectos polinizadores. Los tratamientos de CPPU en cualquiera de sus concentraciones superan a los de 2,4-D, obteniéndose la máxima producción entre 100 y 200 mg/mL. La producción y el número de frutos promedio obtenidos con los tratamientos de CPPU superaron en 32,5 y 35 % respectivamente a los obtenidos con 2,4-D. Todos los tratamientos mostraron valores de °Brix, que superan el mínimo comercial exigido; sin embargo, los correspondientes a CPPU mostraron menos acumulación de azúcares con respecto a los de 2,4-D.

8.4. Análisis de residuos de forchlorfenuron (CPPU) en fruto de sandía

Se han realizado análisis de los residuos de CPPU en sandía, tanto en frutos minis (Solinda), como en frutos de tamaño normal. Todos los resultados fueron inferiores a la cantidad de 1 nanogramo por kilo de fruta. La medida se realizó a un mes de la aplicación, hacemos la observación que para sandía de tamaño normal, el tiempo entre la aplicación y la cosecha es superior a un mes.

La carga total de producto para una sandía mini es:

$$0,18 \times 3 \text{ aspersiones} = 0,54 \text{ cc/fruto}$$

$$0,54 \times 100/1.000.000 = 0,000054 \text{ g de cppu por fruto.}$$

$$0,000054/3.000 \text{ g/fruto} = 0.000000018 \text{ g/g} = 0,018 \text{ ppm.}$$

En el caso de sandía Reina de corazones, la carga puede llegar a ser doble, pero el tamaño de la fruta también lo es con respecto a la minisandía.

Referencias bibliográficas

- CAMACHO F. y FERNÁNDEZ, E. J. (2000): *El cultivo de sandía apirena injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español*. Ed: Caja Rural de Almería; pp. 160.
- CAMACHO FERRE, F.; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, E. y DÍAZ PÉREZ, M. (2003): Greenhouse production of diploid watermelon biological pollination. *Acta horticulturae* 614(1). pp. 269-272.
- HUITRÓN, M. V. (2005): «Cuaje de sandía mediante el empleo de fitoreguladores. Influencia de cultivares y portainjertos sobre parámetros productivos y de calidad»; *Tesis doctoral dirigida por Francisco Camacho*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- HUITRÓN, M. V.; DÍAZ, M.; DIÁNEZ, F. y CAMACHO, F. (2007): «Effect of 2, 4-D and CPPU on Triploid Watermelon Production and Quality»; *Hortscience* 42(3); pp. 559-564.
- HUITRÓN, M. V.; DÍAZ, M.; DIÁNEZ, F. y CAMACHO, F. (2007): «The effect of various rootstocks on triploid watermelon yield and quality»; *Journal of Food, Agriculture y Environment* 5(3,4); pp. 344-348.
- HUITRÓN-RAMÍREZ, M. V.; RICARDEZ-SALINAS, M. y CAMACHO FERRE, F. (2009): «Influence of Grafted Watermelon Plant Density on Yield and Quality in Soil Infested with Melon Necrotic Spot Virus»; *Hortscience* 44(7); pp. 1838-1841.
- MAGRAMA (2012): <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>.
- NÚÑEZ, F. J. (2008): «Nuevos sistemas de producción de sandía triploide sin polinizador en invernadero. Efecto sobre la producción y calidad»; *Tesis doctoral dirigida por Francisco Camacho*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- NÚÑEZ, F. J.; HUITRÓN, M. V.; DÍAZ, M.; DIÁNEZ, F. y CAMACHO, F. (2008): «Effect on Production and Quality of Intensifying Triploid Watermelon Crops Using ‘Temporary Trellises’ and CPPU for Fruit Development»; *Hortscience* 43(1); pp.149-152.

VALVERDE, A.; PIEDRA, L.; AGUILERA, A.; BOULAI, M. y CAMACHO F. (2007):
«Analysis and residue levels of forchlofenuron (CPPU) in watermelons»;
Journal of Environmental Science and Health (part B-42); pp. 801-807.

Ensayos de cultivares de sandía triploide en invernadero

David Erik Meca Abad

Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas'

1. Introducción

La sandía pertenece a la familia Cucurbitaceae, nombre científico *Citrus lannatus* (Thunb.). Se aprovecha sus frutos para consumo en fresco, y son dulces, ricos en azúcares, muy refrescantes y tienen bajo poder calórico.

La sandía es un cultivo que en los últimos años ha experimentado un incremento en la superficie destinada al mismo. Destacan como principales centros de producción las comunidades de Andalucía, Castilla La Mancha, Comunidad Valenciana y Región de Murcia.

Almería reúne casi el 30 % de la superficie de cultivo a nivel nacional, el 80 % de ella protegida. La sandía es un cultivo muy dinámico que se caracteriza por haber incorporado sistemas como el injerto, y por haber desarrollado una importante renovación varietal adaptándose en todo momento a los gustos del consumidor: se están produciendo sandías de tamaño reducido, adaptadas a unidades familiares cada vez formadas por menos individuos. Se demanda sandía de entre 2-5 kg de peso y sin semillas. Existe una gran demanda de cultivares sin pepitas, de colores de pulpa amarillo o naranja, etc.

En la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas', desde el año 2005 se están evaluando variedades nuevas, aplicando técnicas como el *entutorado* de las mismas buscando mayor calidad, realizando técnicas culturales que repercutan en la obtención de los calibres más demandados, y determinando las características de calidad del nuevo material vegetal.

Entre otros, pasamos a comentar brevemente algunos ensayos realizados:

- Ensayo de cultivares de sandía mini entutorada.
- Ensayo de cultivares de sandía mini bajo dos estrategias de fertilización.
- Ensayo de parámetros de calidad de sandía.
- Ensayo de cultivares de sandía de calibre mediano.

2. Ensayo de cultivares de sandía mini (*Citrullus lannatus* Thunb.) entutorada

La sandía es un cultivo de desarrollo rastrero, ya que los frutos son de gran tamaño y peso, haciendo muy complicado su entutorado, pero al ser las sandías mini de tamaño más reducido y menos vigorosas, planteamos entutorarlas buscando mayor calidad (eliminación de la cama de la sandía, consiguiendo frutos de color más uniforme) y producción. En la campaña 96/97 se realizó un trabajo con cultivo de sandía en invernadero (Camacho, 2003) donde se entutoraban líneas de cultivo portadoras de los cultivares diploides, mientras que se cultivaban de forma rastrera los cultivares triploides, para poder distinguir las sandías con semillas de las sin semillas ya que todas tienen el mismo aspecto externo. El sistema es interesante ya que, además de permitir la diferenciación de las variedades del mismo aspecto, incrementa la densidad de plantación de la sandía triploide.

El objetivo fue analizar la producción y calidad de ocho cultivares de sandías mini cultivadas de forma rastrera y entutorada en invernadero.

El ensayo se realizó en la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas', en el término municipal de El Ejido.

Como medio de cultivo se utilizó sustrato «perlita». El trasplante se efectuó el día 16 de marzo de 2005 finalizando el cultivo el 14 de junio de 2005, con lo que la duración del ciclo de cultivo fue de 96 días. La densidad de plantación fue de 0,53 plantas/m². Para el entutorado se utilizó una malla especial para entutorado de pepino en espaldera. La polinización se realizó mediante abejas, siendo el cultivar polinizador Jenny.

Tabla 1. Cultivares de ensayo

Cultivares	Casa Comercial
Jenny	Nunhems
Nun-8540	Nunhems
Valdoria	Nunhems
Bibo	S&G
Master	S&G
Extazy	Hazera
Ps-04911714	Seminis

El diseño experimental para el estudio de la producción fue de tipo unifactorial con siete tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, controlándose cinco plantas por repetición.

Las recolecciones se efectuaron manualmente, pesando y contabilizando las sandías que había en cada una de las repeticiones, clasificando los frutos por calibres y categorías, atendiendo a las normas de calidad para sandías (Reglamento CE 1093/1997 modificado por el Reglamento CE 1615/2001). Los calibres fueron los siguientes:

Tabla 2. Calibres de sandía

Calibre 1	de 1.000 a 1.500 g.
Calibre 2	de 1.501 a 2.000 g.
Calibre 3	de 2.001 a 2.500 g.
Calibre 4	de 2.501 a 3.000 g.
Calibre 5	de 3.001 a 3.500 g.
Calibre 6	de 3.501 a 4.000 g.
Calibre 7	de 4.001 a 4.500 g.
Calibre 8	de 4.501 a 5.500 g.
Calibre 9	de 5.501 a 6.500 g.
Calibre 10	> a 6.500 g

** Destrió: frutos con un peso inferior a 1.000 g o frutos que presentan algunas de las siguientes anomalías: malformación, rajado, daños por patógenos (orugas, Botrytis, etc.).*

Resultados

Los cultivares Valdoria y Jenny fueron los que presentaron mayor producción total con 9,0 y 8,6 kg/m², respectivamente. Los cultivares Extazy y Bibo fueron los que menor producción total presentaron con 7 y 6,9 kg/m², existiendo diferencias significativas (nivel 5 %) con respecto a los primeros (Tabla 3).

En cuanto a la producción comercial, Jenny y Valdoria fueron los que presentaron mayor producción comercial con 8,4 kg/m², seguidos de los cultivares Master y PS-04911714 con 7,1 kg/m². Los cultivares que presentaron menor producción comercial fueron Bibo y Extazy, con 6,5 kg/m², existiendo diferencias significativas con respecto a Jenny y Valdoria (Tabla 3).

Los cultivares que presentaron mayor producción no comercial fueron Valdoria y Extazy con 0,6 y 0,5 kg/m², seguido por los cultivares Nun-8450 y Bibo con 0,4 kg/m², no existiendo diferencias significativas entre ellos, pero si entre Extazy y Valdoria y el cultivar con menor producción no comercial Master, con 0,1 kg/m² (Tabla 3).

El cultivar con mayor producción de categoría I fue Jenny con 7,4 kg/m² seguido de Valdoria, Master y Nun 8540 con 6,2 kg/m², no existiendo diferencias significativas entre ellos pero si de Jenny con respecto a Extazy que con 4,4 kg/m² fue el cultivar de menor producción de categoría 1.^a de los ensayados (Tabla 3).

Extazy y Valdoria fueron los cultivares con mayor producción de categoría II con 1,9 kg/m², existiendo diferencias significativas entre estos y Bibo, que con 0,5 kg/m² fue el cultivar de menor producción de categoría II (Tabla 2).

Los frutos de mayor peso medio fueron los de PS-04911714, Valdoria y Extazy con valores superiores a 4 kg/fruto. Strang *et al*, 2003 obtuvieron en un ensayo de variedades de sandía mini un peso medio de 4,1 kg/fruto para el cultivar Extazy y 4,5 kg/fruto para Valdoria. Jenny obtuvo un peso medio de fruto comercial de 3,1 kg/fruto. De nuevo, Bibo y Master mostraron los frutos de menor peso medio (2,5 kg/fruto) (Tabla 3).

Los cultivares Master, Jenny y Bibo fueron los que produjeron con mayor número de frutos comerciales, mientras que Extazy, PS04911714 y Nun-8540 fueron los cultivares con menor número de frutos comerciales (1,7 frutos/m²), existiendo diferencias significativas con respecto a los primeros (Tabla 3).

Tabla 3. Producción total, comercial, no comercial, de categoría I, de categoría II (kg/m²), peso medio de fruto comercial (PMFC) (kg/fruto) y número de frutos (fruto/m²) de «sandía mini entutorada»

Cultivar	Total	Com	Categoría 1. ^a	Categoría 2. ^a	Destrío	PMFC	Núm. de frutos
Jenny	8,6 Ab	8,4 A	7,4 A	1,0 Ab	0,2 Ab	3,10 B	2,7 A
Nun 8540	7,1 Bc	6,7 B	6,2 Ab	0,5 B	0,4 Ab	3,94 A	1,7 B
Valdoria	9,0 A	8,4 A	6,3 Ab	2,1 A	0,6 A	4,23 A	2,0 B
Bibo	6,9 C	6,5 B	6,0 Ab	0,5 B	0,4 Ab	2,45 C	2,7 A
Master	7,2 Bc	7,1 Ab	6,2 Ab	0,9 Ab	0,1 B	2,55 C	2,8 A
Extazy	7,0 Bc	6,5 B	4,4 B	2,1 A	0,5 A	4,03 A	1,7 B
Ps 04911714	7,4 Abc	7,1 Ab	5,9 Ab	1,2 Ab	0,3 Ab	4,32 A	1,7 B

El 29,6 % de los frutos comerciales de Bibo y el 25,3 % de Master son de calibre 3. Para el calibre 4, Master presentó el mayor porcentaje de frutos con 32,7 %. Los frutos de mayor calibre los presentó PS-04911714, con el 46 % de su producción de calibre 8 (Gráficos 1 y 2).

Gráfico 1. Distribución de la producción por calibres de sandía entutorada. En porcentaje

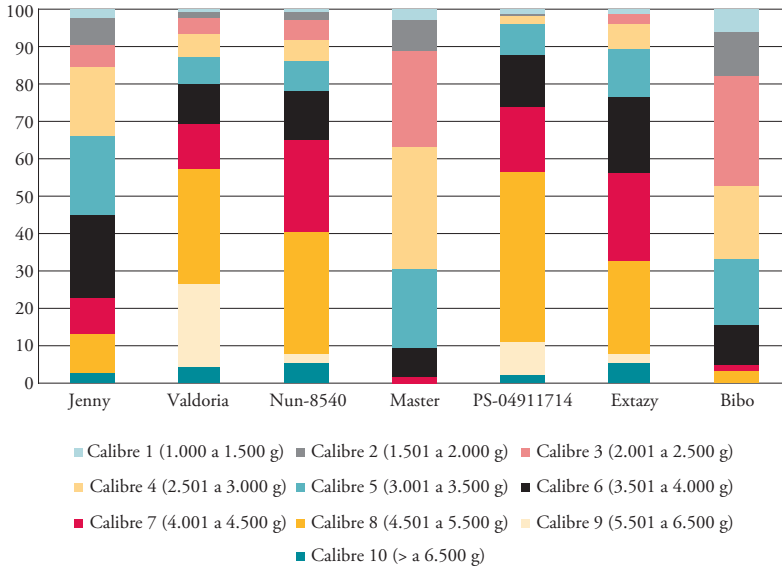
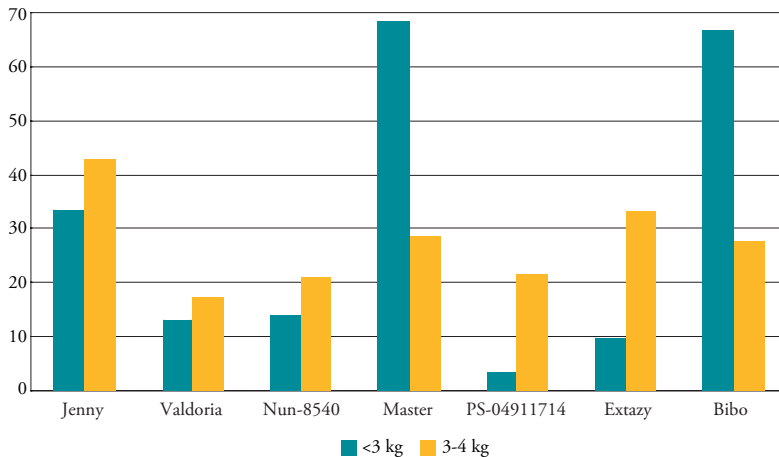


Gráfico 2. Distribución de la producción de sandía mini entutorada por debajo de 4 kg. En porcentaje



En definitiva, de los resultados de este ensayo podemos destacar que los cultivares Bibó y Master se pueden considerar como calibres mini, ya que más del 60 % de su producción corresponde a frutos menores o iguales a 3 kg (Gráfico 2).

Una vez que las sandías fueron aumentando de tamaño, los frutos de las variedades con mayor tamaño empezaron a descolgarse, con lo que hubo que reforzar todos los frutos mediante hilo de rafia, con el incremento en mano de obra que ello conlleva (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Detalle de refuerzo en sandías de mayor tamaño del ensayo

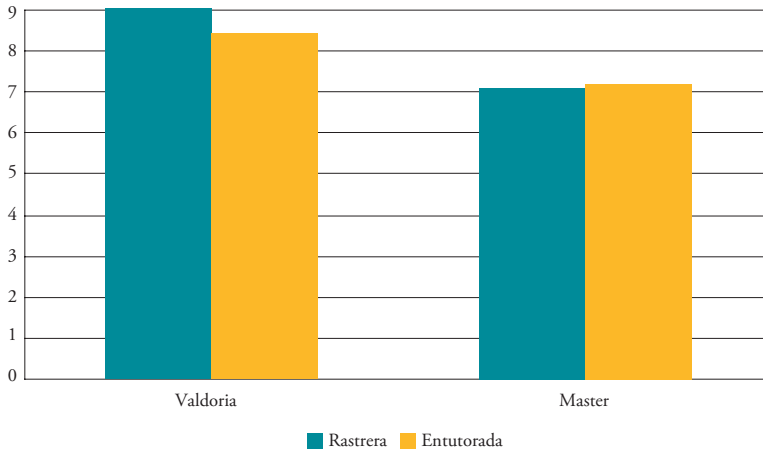


Figura 2. Detalle de refuerzo en sandías de menor tamaño del ensayo



Las sandías entutoradas no mejoraron ni la productividad ni la calidad de las sandías cultivadas de forma rastrera, recomendándose solo entutorar las líneas del cultivar diploide en el caso de que tuvieran el mismo aspecto externo que las triploides para poder distinguirlas (Gráfico 3).

Gráfico 3. Producción comercial acumulada rastrera y entutorada cultivares Valdoria y Master. En kg/m²



3. Ensayo de cultivares de sandía mini (*Citrullus lannatus* Thunb.) en invernadero bajo dos estrategias de fertilización

El objetivo del ensayo fue evaluar la influencia de dos estrategias de fertilización sobre la productividad y calidad de tres cultivares de sandía mini, con el objetivo de obtener frutos del tamaño comercial más idóneo.

El material vegetal utilizado fue la especie *Citrullus lannatus* Thunb., empleándose tres cultivares de sandía «mini» sin injertar, siendo los cultivares y su correspondiente casa comercial los siguientes:

Tabla 4. Cultivares de ensayo

Cultivares	Casa Comercial
Jenny	Nunhems
Mielhart	Hazera
Master	S&G

El ensayo se realizó en la Estación Experimental de Cajamar ‘Las Palmerillas’, ubicada en el término municipal de El Ejido.

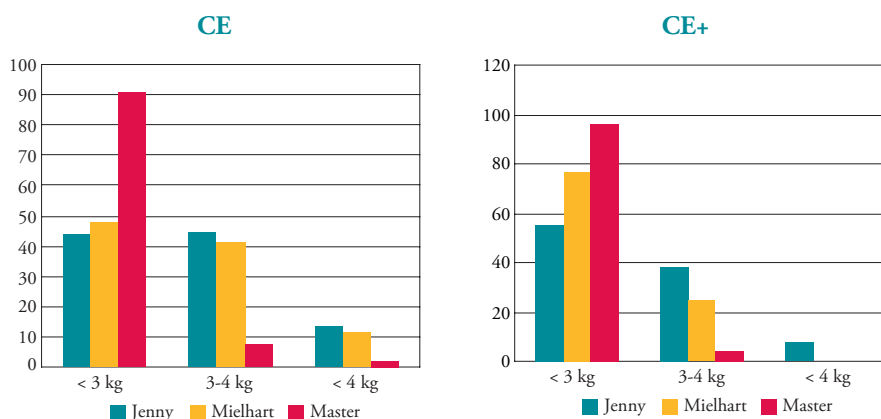
Como medio de cultivo se utilizó sustrato «perlita». El trasplante se efectuó el día 23 de febrero de 2006 finalizando el cultivo el 1 de junio de 2006,

con lo que la duración del ciclo de cultivo fue de 99 días. La separación fue de 1,9 m entre líneas y 1 m entre plantas, lo que determinó una densidad de plantación de 0,53 plantas/m². La polinización se realizó mediante abejas, siendo el cultivar polinizador Jenny.

Se compararon dos estrategias de fertilización buscando en uno de los tratamientos mayores valores de CE de entrada con el objeto de obtener frutos de pequeño calibre adaptados al tamaño requerido por las comercializadoras. Para este fin empleamos dos abonados iguales en ambos tratamientos, diferenciándose en el incremento de la CE de entrada mediante la adición de NaCl a partir del 65 ddt, quedando a partir de este momento una CE de drenaje media de 5,2 y 6,7 dSm⁻¹ para T1 y T2, respectivamente.

Al aumentar la CE vemos como ocurre un desplazamiento de la distribución por calibres: por ejemplo, para Master pasamos de un porcentaje del 85 % de su producción al 92 %, mientras que para Mielhart pasamos de un porcentaje de frutos de menos de 3 kg del 45 al 72 %. (Gráfico 4).

Gráfico 4. Distribución por calibres de la producción comercial. En porcentaje



Al aumentar la CE de entrada en los aportes en este tratamiento se produjo una reducción en la producción comercial en el tratamiento con mayor conductividad en drenaje para el cultivar Mielhart (Gráfico 5). En ambos tratamientos, por lo general, se produce una disminución en el tamaño y peso de fruto (estadísticamente significativo para el cultivar Mielhart) (Gráfico 6) y un aumento tanto en el número de frutos totales como en los °Brix (en torno al 3 % en el cultivar Mielhart y al 8 % en Master).

Gráfico 5. Producción comercial acumulada. En kg/m²

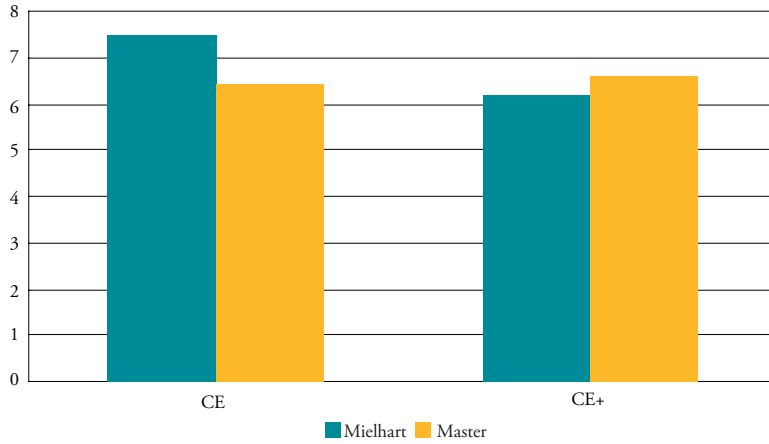
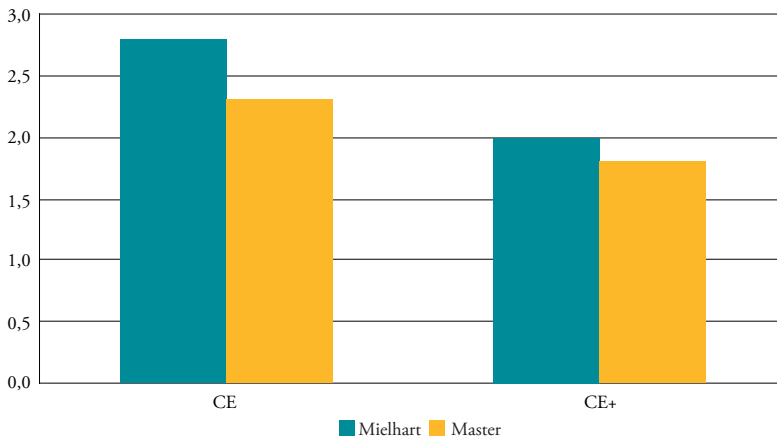


Gráfico 6. Peso medio de fruto comercial (valor promedio). En Kg/fruto



4. Ensayo de determinación de parámetros de calidad en sandía

4.1. Material y métodos

El ensayo se realiza en la Estación Experimental de Cajamar ‘Las Palmerillas’, situada en el término municipal de El Ejido, Almería.

El invernadero utilizado es de tipo parral raspa y amagado con una superficie cultivable de 630 m², con ventilación automatizada lateral y cenital. El

material de cerramiento empleado es un *film* tricapa incoloro difuso de larga duración (643/633/643). Como medio de cultivo se utilizó perlita, siendo la densidad de plantación 0,2 y 0,4 plantas/m², planta injertada o sin injertar. Los cultivares empleados son de sandías triploides, polinizadas con colmenas de abejas, siendo Dulce Maravilla la variedad diploide. El trasplante se realizó el 08/03/2010 y finalizó el 10/06/2010. La relación triploide/diploide fue 3:1. El control de plagas y enfermedades fue el estándar de la zona mediante control integrado.

El material vegetal utilizado en el ensayo fue el siguiente:

Tabla 5. Materia vegetal empleado

Cultivar	Casa Comercial
Fashion	Nunhems
Reina	Seminis
Nun 5500 (Bengala)	Nunhems
Master	Syngenta
Selecta	Nuhnems
Paula	Syngenta

El cultivar Master es sandía de tipo «mini».

Se estableció un diseño experimental unifactorial, utilizando cuatro repeticiones de cinco plantas cada una por tratamiento.

Las recolecciones se han realizado manualmente, pesando y contabilizando las sandías que hay en cada una de las repeticiones, clasificando los frutos por calibres y categorías, atendiendo a las normas de calidad para sandías.

Se ha analizado producción total, comercial y no comercial, producción por categorías y color de corte, y peso medio del fruto comercial. Además, se han estudiado los siguientes parámetros de calidad de los frutos: °Brix, pH y acidez valorable, grosor de corteza, cicatriz pistilar y dureza de pulpa.

4.2. Resultados y discusión

De entre los cultivares de sandía de tamaño «normal» no se presentan diferencias significativas en producción comercial entre cultivares, siendo el cultivar que alcanza mayor producción Nun-5500 (Bengala), existiendo diferencias significativas con respecto a Selecta y Paula. La producción comercial de sandía mini fue del orden de 44-94 % inferior en relación a las sandías de tamaño normal. El tamaño de fruto del cultivar Master fue lógicamente inferior al del resto de sandías, no existiendo diferencias significativas en peso medio de fruto entre cultivares de tamaño normal.

En las Tablas 6, 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos en las determinaciones de calidad realizadas: grosor de corteza, cicatriz pistilar, determinación de color de pulpa mediante colorímetro, sólidos solubles totales expresados como °Brix, pH, acidez titulable y porcentaje de materia seca.

Tabla 6. Producción total, comercial, no comercial, por categorías (kg/m²) y peso medio de fruto comercial (g/fruto)

Variedad	Total	Comercial	1ª Cat.	2ª Cat.	Destrío	Pmfc
Master	3,5 C	3,4 B	3,2C	0,2 B	0,1 A	1719.5 B
Dulce	5,2 B	4,9 Ab	3,9 Bc	1,0 A	0,3 A	3771,0 A
Reina	6,2 A	5,9 A	5,1 Ab	0,8 A	0,3 A	3390.5 A
Selecta	6,1 B	5,9 A	5,2 Ab	0,7 A	0,2A	3526.0 A
Paula	5,5 Bc	5,3 Ab	4,3 Bc	1,0 A	0,2 A	3524.7 A
Bengala	6,8 A	6,6 A	5,9 A	0,7 A	0,2 A	3984.0 A
Fashion	5,7 B	5,6 A	5,1 Ab	0,5 Ab	0,1 A	3720.3 A

Tabla 7. Parámetros de calidad de sandías

Cultivar	Grosor corteza	Cicatriz pistilar	Dureza	L	a	b
Dulce	12,92 A	9,63 C	1,7 B	46,2 A	22,8 B	17,9 C
Master	13,14 A	10,15 Bc	2,0 A	47,5 A	27,4 A	21,1 A
Reina	12,58 Ab	13,15 Abc	1,8 Ab	44,9 Ab	27,4 A	19,6 Bc
Selecta	13,08 A	16,95 A	2,0 A	43,2 B	26,9 A	17,8 C
Paula	11,62 Abc	13,98 Ab	1,8 Ab	47,3 A	26,8 A	17,5 Cd
Nun 5500	10,47 C	16,8 A	1,8 Ab	42,7 B	26,1 A	16,6 D
Fashion	12,96 A	17,17 A	1,7 B	42,9 B	26,2 A	18,3 Bc

Tabla 8. Parámetros de calidad interna de sandías

Cultivar	°Brix	Ph	Acidez	°Brix /acidez	% Materia Seca1*
Dulce	10,0 C	0,4 B	0,12 B	83,3	9,3 A
Master	11,6 A	50,7 A	0,15 A	77,33	9,9 A
Reina	10,5 Abc	50,6 Ab	0,13 Ab	80,77	10,3 A
Selecta	10,4 Bc	50,5 Ab	0,12 B	86,67	9,9 A
Paula	10,2 bc	50,5 ab	0,12 b	85	9,7 a
Nun 5500	10,2 bc	50,5 ab	0,12 b	85	9,3 a
Fashion	10,5 abc	5,5 ab	0,13 ab	80,77	10,5 a

Figura 3. Cultivar Nun 5500 (Bengala)**Figura 4. Cultivar Selecta****Figura 5. Cultivar Fashion****Figura 6. Cultivar Master**

En grosor de corteza destaca el cultivar Bengala por ser la sandía de corteza más fina, estadísticamente significativo con respecto al resto de cultivares, excepto con Paula.

En cuanto al tamaño de la cicatriz pistilar, los cultivares Dulce Maravilla y Master presentan los menores valores de cierre pistilar, siendo en el caso de Dulce estadísticamente diferente con respecto el resto de cultivares (excepto con Master y Reina).

También se muestreó el color de fruto mediante el empleo de un colorímetro modelo Minolta CR 200, determinándose los parámetros CIE Lab L* (luminosidad), a* (tonalidad de rojo a verde) y b* (tonalidad de azul a amarillo). El parámetro L* es una medida aproximada de luminosidad que es la propiedad según la cual cada color puede ser considerado como equivalente a un miembro de la escala de grises, entre negro y blanco, tomando valores entre 0 (negro) y 100 (blanco). Los cultivares con color de pulpa más oscuro o menos rosado serían los de menor valor del parámetro L, siendo este parámetro estadísticamente diferente en los cultivares Selecta, Fashion y Bengala con respecto a Paula, Dulce y Master.

El parámetro a* toma valores positivos para los colores rojizos y negativos para los verdosos, mientras que b* toma valores positivos para los amarillos y negativos para los azulados (Pérez López *et al.*, 2007). No existen diferencias significativas para el parámetro a* y sí para el parámetro b*.

Respecto a pH estuvo comprendido entre 5,4 y 5,7, siendo el valor más alto para el cultivar Master, y el menor para Dulce, existiendo diferencias significativas entre estos dos cultivares.

La acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico, mostró valores entre 0,12 y 0,15, valores similares a los encontrados en bibliografía (Yau *et al.*, 2010; Rojas *et al.*, 2008; Campagnol *et al.*, 2012).

El contenido en sólidos solubles totales, expresado como °Brix de todos los cultivares cumple con la exigencia mínima de madurez según Orden de 7 de octubre de 2008, por la que se fijan los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir determinadas frutas y hortalizas y se establece el procedimiento del registro de mercados de productos agrarios, en desarrollo de lo establecido en el Decreto 402/2008, de 8 de julio (índice refractométrico de la pulpa), medido en la zona media de la pulpa del fruto y en el plano ecuatorial, debe ser igual o superior a 8 °Brix. El cultivar de mayor valor de °Brix fue Master (11,4), existiendo diferencias significativas con respecto al resto de cultivares (entorno a 10).

El contenido de materia seca de los frutos de sandía estuvo comprendidos entre 9,3 y 10,5 %, valores ligeramente superiores a los observados en la bibliografía (USDA, 2003; Yau *et al.*, 2010) donde muestran un contenido de agua en fruto de sandía en torno al 92 %. Sin embargo, son valores similares a los obtenidos por otros autores (Szamosi *et al.*, 2007; Colla *et al.*, 2006).

5. Ensayo de cultivares de sandía mediana en invernadero

5.1. Material y métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas'.

El invernadero utilizado es de tipo parral raspa y amagado con una superficie cultivable de 630 m², con ventilación automatizada lateral y cenital. El material de cerramiento empleado fue un *film* tricapa incoloro difuso de larga duración (643/633/643). Como medio de cultivo se utilizó suelo enarenado, siendo la densidad de plantación 0,25 plantas/m² empleando planta injertada. Los cultivares empleados son de sandías triploides, polinizadas con colmenas de abejas, siendo Premium la variedad empleada como polinizador (sandía diploide con microsemillas). El trasplante se realizó el 24/03/2011 y finalizó el 29/06/2011. La relación triploide/diploide fue 3:1. El control de plagas y enfermedades fue el estándar de la zona, mediante control integrado.

El material vegetal utilizado en el ensayo fue el siguiente:

Tabla 9. Material vegetal empleado

Cultivar	Casa Comercial
Premium	Nunhems
Romalinda	Monsanto
Nun 5503	Nunhems
Babba	Monsanto
Valdoria	Nunhems

Se estableció un diseño experimental unifactorial, utilizando cuatro repeticiones de cinco plantas cada una por tratamiento.

Las recolecciones se han realizado manualmente, pesando y contabilizando las sandías que había en cada una de las repeticiones, clasificando los frutos por calibres y categorías, atendiendo a las normas de calidad para sandías.

Se han estudiado producción total, comercial y no comercial, producción por categorías y peso medio del fruto comercial. Además, se han analizado los siguientes parámetros de calidad de los frutos: °Brix, pH y acidez valorable, grosor de corteza, cicatriz pistilar y dureza de pulpa.

5.2. Resultados y discusión

No existen diferencias significativas entre cultivares en producción total, comercial, de primera categoría, mientras que en segunda categoría la producción de Premium fue significativamente inferior (Tabla 10).

Tabla 10. Producción total, comercial, no comercial, por categorías (kg/m²) y peso medio de fruto comercial (kg/fruto)

	Total	Comercial	1. ^a	2. ^a	Destrio	Pmfc	N.º Frutos2
Valdoria	7,6 A	7,4 A	6,5 A	0,9 A	0,2	3,7 C	2,1Ab
Romalinda	8,4 A	8,3 A	7,4 A	0,9 A	0,1	4,2 B	2,0 B
Babba	8,3 A	8,1 A	7,4 A	0,7 Ab	0,2	5,1 A	1,6 C
Nun 5503	8,4 A	8,4 A	7,5 A	0,9 A	0,0	5,4 A	1,5 C
Premium	8,0 A	8,0 A	7,6 A	0,4 B	0,0	3,4 C	2,3 A

Las sandías de mayor peso medio comercial corresponden a los cultivares Nunhems-5503 y Babba con frutos superiores a 5 kg/pieza, estadísticamente significativo con respecto al resto de cultivares (Romalinda, con calibre intermedio, y Premium y Valdoria de menor peso de fruto).

El número de frutos comerciales por metro cuadrado también fue diferente, siendo menor el número de piezas en los cultivares de mayor peso de fruto, existiendo también diferencias significativas entre cultivares.

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos en las determinaciones de calidad realizadas: diámetro de fruto, grosor de corteza, cicatriz pistilar y sólidos solubles totales expresados como °Brix.

Tabla 11. Parámetros de calidad de sandías

	Diámetro (cm)	Cicatriz pistilar (mm)	Espesor corteza (mm)	Dureza (kg/cm ²)	°Brix
Valdoria	21,1 B	15,4 A	12,6 Ab	2,0 A	11,4 B
Romalinda	21,7 Ab	16,1 A	13,6 Ab	2,0 A	12,1 Ab
Babba	25,4 A	19,8 A	13,7 A	1,9 A	12,7 A
Nun 5503	26,0 A	20,6 A	14,3 A	2,0 A	11,6 B
Premium	20,5 B	16,7 A	10,5 B	1,9 A	11,7 B

Los frutos de mayor diámetro corresponden a los cultivares con frutos de mayor peso medio, existiendo diferencias significativas con respecto a los cultivares de menor tamaño o peso medio de fruto.

En grosor de corteza destaca el cultivar Premium por mostrar los frutos de corteza más fina, estadísticamente significativo con respecto al resto de cultivares.

En cuanto al tamaño de la cicatriz pistilar, no existen diferencias estadísticamente significativas entre cultivares.

En dureza de fruto tampoco existen diferencias significativas entre cultivares.

El contenido en sólidos solubles totales, expresado como °Brix de todos los cultivares cumplen ampliamente con la exigencia mínima de madurez según Orden de 7 de octubre de 2008, por la que se fijan los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir determinadas frutas y hortalizas y se establece el procedimiento del registro de mercados de productos agrarios, en desarrollo de lo establecido en el Decreto 402/2008, de 8 de julio (índice refractométrico de la pulpa), medido en la zona media de la pulpa del fruto y en el planoecuatorial, debe ser igual o superior a 8 °Brix. Todos los cultivares mostraron valores superiores a 11, destacando el cultivar Babba con 12,7 y Romalinda con 12,1, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre Babba con respecto a Nunhems 5503, Valdoria y Premium.

Tabla 12. Características de los frutos de sandía

Cultivar	Forma	Color	Pulpa	Vigor
Premium	Redondo/ovalado	Rayado verde oscuro sobre fondo verde	Rojo +	Medio
Nun 5503	Redondo	Rayado verde medio sobre fondo claro	Rojo +	Medio-alto
Valdoria	Redondo	Negra	Rojo	Medio
Romalinda	Redondo	Rayado ancho verde claro sobre fondo claro	Rojo +	Alto
Babba	Redondo	Rayado verde oscuro sobre fondo verde	Rojo	Alto

Referencias bibliográficas

- CAMACHO, F. (2003): «El cultivo de sandía invernada»; *Técnicas de producción en cultivos protegidos* (Tomo 2). Ed. Cajamar; pp. 649-690.
- CAMPAGNOL, R; MELLO, S. C. y BARBOSA, J. C. (2012): «Vertical growth of mini watermelon according to the training height and plant density»; *Horticultura Brasileira* (30); pp. 726-732.

- COLLA, G.; ROUPHAEL y CARDARELLA, M. (2006): «Effect of salinity on yield, fruit quality. Leaf gas exchange and mineral composition of grafted watermelon plants»; *Hortscience* 41(3); pp. 622-627.
- MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Ed. Fundación Ruralcaja, Mundi Prensa; p. 322.
- PÉREZ, A. J.; DEL AMOR, F. M. y SERRANO, A. (2007): «Influence of agriculture practices on the quality of sweet pepper as affected by the maturity stage»; *J. Sci Food Agric.* (87); pp. 2075-2080.
- RECHE MÁRMOL, J. (1994): *Cultivo de la sandía en invernadero*. Ed. Colegio oficial de Ingenieros técnicos agrícolas de Almería; p. 243.
- ROJAS, M.; VARGAS, L. y TAMAYO, J. A. (2008): «Sandía mínimamente procesada conservada en atmósferas modificadas»; *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 9(2); pp. 153-161.
- SZAMOSI, C. S.; NÉMETHY-UZONI, H.; BALÁZS, G. y STEFANOVITS-BÁNYAI, É. (2007): «Nutritional values of traditional open-pollinated melon (*Cucumis melo* L.) and watermelon (*Citrullus lanatus* Thumb.) varieties»; *International Journal of Horticultural Science 2007* 13(2); pp. 29-31.
- YAU, E. W.; ROSNAH, S.; NORAZIAH, M.; CHIN, N. L. y Osman, H. (2010): «Physico chemical compositions of the red seedless watermelons (*Citrullus Lanatus*)»; *International Food Research Journal* (17); pp. 327-334.
- USDA (U. S. DEPT. AGR). (2003): *Nutritional Composition of Watermelon*. http://watermelon.ifas.ufl.edu/Uses_and_Nutritional_Composition.htm. Consultado el 27/03/2009.

Ensayos de polinización en sandía bajo plástico

Corpus Pérez Martínez

Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas'

1. Introducción

En un cultivo de sandía, la polinización se puede realizar mediante insectos polinizadores que transportan el polen de las flores masculinas a las femeninas o mediante la utilización de fitorreguladores o bioestimulantes.

Son muchos los insectos polinizadores, pero en la agricultura intensiva los más comunes son la abeja (*Apis mellifera*) y el abejorro (*Bombus terrestris*). La elección entre uno y otro para polinizar los cultivos hortícolas depende de muchos factores que influyen en el medio ambiente del invernadero (Dag, 2006). Estos pueden ser: el cultivo (Dag y Kamer, 2001; Sabara y Winston, 2003; Dag *et al.*, 1995, 1996; Nates-Parra, 2005; Gazquez *et al.*, 2006, 2009), la eficacia polinizadora del polinizador (Dag *et al.*, 1996; Albano *et al.*, 2000; Cabello *et al.*, 2006; Morandin *et al.*, 2001b; Dyer y Chittka, 2004; Dag y Eisikowitch, 2005; Nates-Parra, 2005; López *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2007, 2009), las condiciones climáticas (Reyes y Cano, 2002) y el material plástico.

La movilidad de los polinizadores depende de la radiación ultravioleta en el interior de los invernaderos y al utilizar plásticos fotoselectivos se limita su orientación y visión (Cabello *et al.*, 2005a y Soler *et al.*, 2005), ya que las condiciones de la luz ultravioleta cambian la percepción de los polinizadores sobre los distintos colores de la flor, aumentando la dificultad para localizar las flores entre el cultivo (Cabello *et al.*, 2005b y Soler *et al.*, 2006).

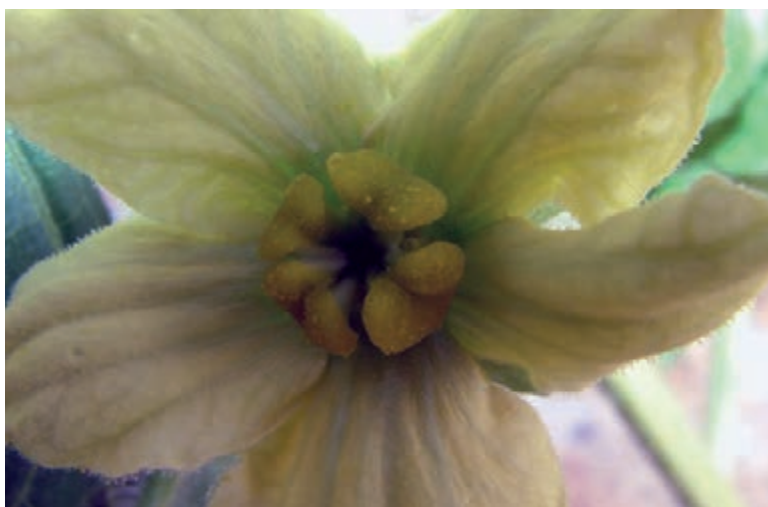
El número de colmenas de abejas por hectárea es variable (de dos a cinco) dependiendo de factores como la densidad de plantación, el cultivar o la climatología (USDA, 1986; Reche, 1994; Miguel *et al.*, 2002; Camacho, 2003). En el caso de los abejorros se necesitan de 6 a 10 colmenas por hectárea (Mafarlane, 1995; Reche, 1994).

Figura 1. Polinizador natural (*Apis mellifera*)



Para obtener frutos con gran tamaño se necesitan de 500 a 1.000 granos de polen en cada flor femenina y esto se consigue con 10 visitas de las abejas a cada flor y una abeja por cada 100 flores (McGregor, 1976; Collison, 1989; Maynard, 1989).

Figura 2. Flor femenina de sandía



Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, y se presentan anomalías en la polinización, se aplican fitorreguladores o bioestimulantes para el cuaje de las sandías.

2. Ensayos de polinización en sandía

En este apartado se presentan los resultados de los ensayos de polinización en sandía realizados en la Estación Experimental de Cajamar ‘Las Palmerillas’ durante las campañas 2006/07, 2007/08, 2008/09, 2009/10 y 2010/11.

2.1. Influencia de los plásticos antiplagas sobre *Apis mellifera*

El ensayo se desarrolló en dos invernaderos análogos, tipo multitúnel, con cubierta asimétrica y con una superficie total de 2.400 m² cada uno. Estaban formados por ocho módulos de estructura metálica, con una altura en cumbre de 5,4 m y 3,4 m en banda, orientados en dirección este-oeste, con ventilación lateral (norte y sur) y cenital y cubiertas con malla antiinsectos de 20 x 10 hilos cm⁻², con un grosor de hilo de 0,27 mm. Se cultivó en bolsas de perlita y el riego fue por goteo, con goteros autocompensantes de 3 l h⁻¹. El 30/08/06 se instaló el cerramiento plástico, el primero un plástico tricapa incoloro, difuso, y el segundo, plástico con una alta absorción de la radiación ultravioleta.

El material vegetal utilizado para el ensayo, se resume en la siguiente tabla:

Campaña	Cultivo	Cultivar	Polinizador	Trasplante	Final	Densidad (pl m ⁻²)
2006/07	Sandía mini	Master	Crisby	05/03/2007	29/05/2007	0,4
2008/09	Sandía	Reina de corazones	Dulce maravilla	16/02/2009	03/06/2007	0,8

Se utilizaron abejas (*A. mellifera*) como polinizadores naturales. Para cada invernadero se utilizó una colmena de triple núcleo con 8.000 obreras como máximo. La actividad de las abejas se determinó contabilizando el número de insectos que entraban y salían de la colmena durante 10 minutos ya que no dejan marcas visibles sobre las flores que visitan.

Figura 3. Sandía *cv.* Reina de corazones



Figura 4. Sandía *cv.* Master



Figura 5. Colmena de abejas (*Apis mellifera*)



Para evaluar los materiales plásticos para cubierta de invernadero se dispuso de dos tratamientos, uno en cada invernadero: testigo (55 % transmisión de la radiación ultravioleta) y antiplagas (plástico con una absorción 99 % de la radiación ultravioleta).

Se determinó producción total, comercial, no comercial y peso medio de los frutos comerciales, atendiendo a las normas de calidad para sandía (Reglamento CE 1093/97, modificado por Reglamento CE 1615/2001).

Se aplicó un diseño unifactorial para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos, para ello se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., EEUU).

Resultados

La actividad de los polinizadores naturales, (*A. mellifera*) fue menor en el tratamiento antiplagas, contabilizándose una reducción del 46 % en la campaña 2006/07 y del 77 % en la campaña 2008/09 en el número de abejas contabilizadas en la entrada y salida de la colmena (Gráfico 1), provocando reducciones en producción comercial del 33 % en la campaña 2006/07 (Tabla 2) y del 80 % en la campaña 2008/09 (Tabla 3).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en los parámetros de producción total, comercial y número de frutos totales y comerciales por planta a favor del plástico testigo en las dos campañas analizadas (Tabla 2 y 3). Resultados similares encontraron Pérez *et al.* (2007). López (2006) no encontró diferencias en producción para un cultivo de melón bajo plásticos antiplagas con una transmisividad a la radiación ultravioleta del 10 y 23 %.

Tabla 2. Producción total, comercial, no comercial y peso medio del fruto comercial para un cultivo de sandía mini, en ciclo de primavera del 2007, bajo plásticos con una transmisividad del 1 y 55 % de la radiación ultravioleta (antiplagas y testigo). Valores seguidos de diferente letra indican diferencias significativas al 95 % (Test LSD)

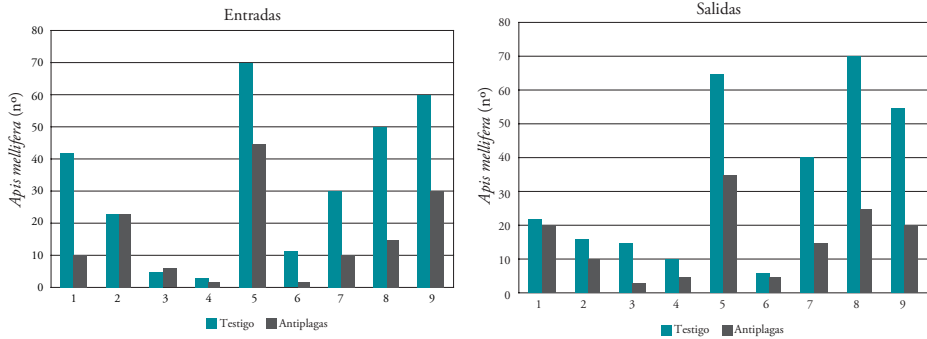
Tratamientos	Total (kg m ⁻²)	Comercial (kg m ⁻²)	No comercial (kg m ⁻²)	Peso medio fruto comerc. (kg fr ⁻¹)	Núm. frutos comerc. (fr pl ⁻¹)	Núm. frutos totales (fr pl ⁻¹)
Testigo	5,0 a	4,8 a	0,2 a	2,2 a	5,5 a	5,7 a
Antiplagas	3,3 b	3,2 b	0,1 a	2,2 a	3,7 b	3,9 b

Tabla 3. Rendimiento comercial para un cultivo de sandía bajo plásticos con una transmisividad del 1 y 55 % de la radiación ultravioleta (antiplagas y testigo) durante la primavera del 2009. Valores seguidos de diferente letra indican diferencias significativas al 95 % (Test LSD)

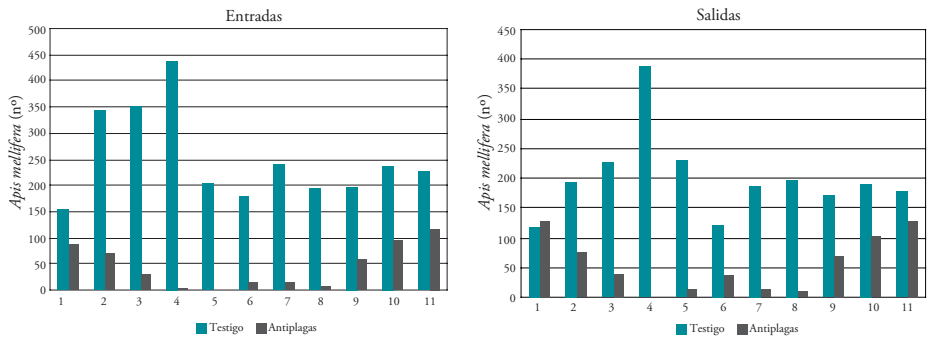
Tratamientos	Total (kg m ⁻²)	Comercial (kg m ⁻²)	No comercial (kg m ⁻²)	Peso medio fruto comerc. (kg fr ⁻¹)	Núm. frutos comerc. (fr pl ⁻¹)	Núm. frutos totales (fr pl ⁻¹)
Testigo	9,7 a	9,5 a	0,2 a	4,2 a	2,8 a	3,5 a
Antiplagas	1,9 b	1,8 b	0,1 b	5,1 a	0,4 b	1,0 b

Gráfico 1. Seguimiento de la actividad de las abejas bajo plásticos con una transmisividad a la radiación ultravioleta del 1 y 55 % (antiplagas y testigo) durante la primavera del 2007 en un cultivo de sandía mini (a) y durante la primavera del 2009 en un cultivo de sandía (b)

a) Sandía mini



b) Sandía



Entradas: número de abejas que entran en las colmenas durante 10 min. de actividad.

Salidas: número de abejas que salen de las colmenas durante 10 min. de actividad.

2.2. Influencia de los plásticos antiplagas sobre *Bombus terrestris*

El ensayo se desarrolló en dos invernaderos análogos, tipo multitúnel, con cubierta asimétrica y con una superficie total de 2.400 m² cada uno. Estaban formados por ocho módulos de estructura metálica, con una altura en cumbre de 5,4 y 3,4 m en banda, orientados en dirección este-oeste, con ventilación lateral (norte y sur) y cenital y cubiertas con malla antiinsectos de 20 x 10 hilos cm⁻², con un grosor de hilo de 0,27 mm. Se cultivó en bolsas de

perlita y el riego fue por goteo, con goteros autocompensantes de 3 l h⁻¹. El 30/08/06 se instaló el cerramiento plástico, plástico tricapa incoloro, difuso y plástico con una alta absorción de la radiación ultravioleta.

El material vegetal utilizado para el ensayo, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4. Material vegetal utilizado

Campaña	Cultivo	Cultivar	Polinizador	Trasplante	Final	Densidad (pl m ⁻²)
2007/08	Sandía mini	Master	SP4	05/02/2008	07/05/2008	0,8

Se utilizaron abejorros (*Bombus terrestris*) como polinizadores naturales. Para cada invernadero se usaron tres colmenas con un número superior a 80 obreras y con un alto porcentaje de larvas para que el requerimiento de polen fuese alto.

Figura 6. Colmena de abejorros (*Bombus terrestris*)



Para evaluar los materiales plásticos para cubierta de invernadero se dispuso de dos tratamientos, uno en cada invernadero: testigo (55 % transmisión de la radiación ultravioleta) y antiplagas (plástico con una absorción del 99 % de la radiación ultravioleta).

Se determinó la actividad de los polinizadores, contabilizando el número de abejorros que entraban y salían de la colmena durante 15 minutos, así como la producción total, comercial, no comercial y peso medio de los frutos comerciales, atendiendo a las normas de calidad para sandía (Reglamento CE 1093/97, modificado por Reglamento CE 1615/2001).

En cada uno de los ensayos se aplicó un diseño unifactorial para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos, para ello se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., EEUU).

Resultados

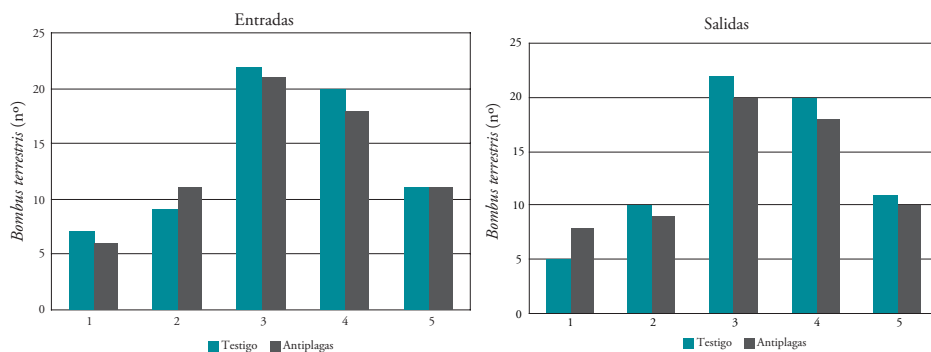
La actividad de los polinizadores *Bombus terrestris* en el cultivo de sandía mini, fue similar bajo el plástico antiplagas y bajo el plástico testigo (Gráfico 2), no afectando a la producción. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en ningún parámetro estudiado (Tabla 5). Estos resultados no coinciden con los encontrados por otros autores ya que Soler *et al.* (2006) observaron una reducida actividad polinizadora del abejorro bajo plásticos con un fuerte bloqueo de la luz ultravioleta; Doorn (2006) observó cómo se alteró gravemente el comportamiento de los abejorros bajo plásticos con una transmisión muy baja del UV. Sin embargo, Steinberg (comunicación personal), observó como las colonias de abejorros funcionan mejor bajo plásticos de bloqueo de UV cuando entraba luz en el invernadero a través de las ventanas de ventilación. Dyer y Chittka (2004) encontraron que los abejorros tienen una excelente y rápida capacidad de aprendizaje y pueden llegar a adaptarse a la ausencia de la luz ultravioleta.

Ensayos llevados a cabo en la Estación Experimental de Cajamar ‘Las Palmerillas’ (sin publicar) mostraron que en condiciones de ausencia de ventanas, se presentaron mayores problemas de polinización, tanto en abeja como en abejorro. Por ello, el uso de los materiales antiplagas debe ser acompañado de un conocimiento de las condiciones de ventilación y por tanto de un manejo adecuado de las ventanas.

Tabla 5. Rendimiento comercial para un cultivo de sandía mini bajo plásticos con una transmisividad del 1 y 55 % de la radiación ultravioleta (antiplagas y testigo) durante la primavera del 2008.
Valores seguidos de diferente letra indican diferencias significativas al 95 % (Test LSD)

Tratamientos	Total (kg m ⁻²)	Comercial (kg m ⁻²)	No comercial (kg m ⁻²)	Peso medio fruto comercial (kg fr ⁻¹)	Núm. frutos comerc. (fr pl ⁻¹)	Núm. frutos totales (fr pl ⁻¹)
Testigo	3,72 a	3,69 a	0,03 a	1,89 a	2,4 a	2,5 a
Antiplagas	3,34 a	3,24 a	0,10 a	1,75 a	2,3 a	2,4 a

Gráfico 2. Seguimiento de la actividad de los abejorros (*Bombus terrestris*) bajo plásticos con una transmisividad del 1 % (antiplagas) y 55 % de la radiación UV (testigo) durante la primavera del 2008



Entradas: número de abejorros que entran en las colmenas durante 15 min. de actividad.

Salidas: número medio de abejorros que salen de las colmenas durante 15 min. de actividad

2.3. Evaluación de dos polinizadores naturales en un cultivo de sandía en invernadero

El ensayo se desarrolló en un invernadero parral tipo «raspa y amagado», con 881,6 m² de superficie, con cubierta simétrica y estructura de tubo galvanizado y alambre. Compuesto por cinco capillas orientadas de norte a sur, con una altura en cumbre de 4,2 y 3 m en el amagado. Contaba con ventilación lateral (norte-sur) y cenital automatizadas y cubiertas de malla antiinsectos 20 x 10 hilos cm⁻². El material de cerramiento era plástico tricapa difuso de larga duración. El riego fue por goteo, con goteros de 3 l h⁻¹.

El material vegetal utilizado para el ensayo, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6. Material vegetal utilizado

Campaña	Cultivo	Cultivar	Polinizador	Trasplante	Final	Densidad (pl m ⁻²)
2009/10	Sandía	Reina de corazones	Dulce maravilla	10/03/2010	14/06/2010	0,53
	Sandía mini	Master	SP4	10/03/2010	14/06/2010	

La polinización se realizó con abejorros (*Bombus terrestris*) y abejas (*Apis mellifera*). Para ello se dividió el invernadero de ensayo en dos parcelas idénticas y herméticas con una superficie de cultivo de 400 m² cada una. La colmena de abejorros (*Bombus terrestris*) contaba con un número superior a 80 obreras y con un alto porcentaje de larvas para que el requerimiento de polen fuera alto, además la cantidad de polen que se añadió normalmente fue reducido para favorecer la salida inmediata de las obreras. Se colocó en el centro de la parcela y orientada al sur. La colmena de abejas (*Apis mellifera*) fue preparada por un apicultor profesional y adaptada a la superficie de control (400 m²). Se colocó en el norte de la parcela y orientada al sur.

Figura 7. Polinizador natural (*Bombus terrestris*)



Se determinó producción total, comercial, no comercial y peso medio de los frutos comerciales, atendiendo a las normas de calidad para sandía (Reglamento CE 1093/97, modificado por Reglamento CE 1615/2001).

Se aplicó un diseño unifactorial para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los polinizadores, para ello se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., EEUU).

Resultados

Los rendimientos comerciales fueron mayores cuando se utilizó la abeja (*Apis mellifera*) como polinizador, alcanzando unos valores de 11 kg m⁻² para el cultivar Reina de Corazones y de 6,2 kg m⁻² en el cultivar Master (sandía mini). Al utilizar el abejorro (*Bombus terrestris*), se observan reducciones en producción comercial del orden del 64 % para el cultivar Reina de Corazones y del 82 % para Master. El análisis estadístico mostró diferencias estadísticamente significativas para los parámetros de producción total, comercial, no comercial y el número de frutos comerciales por planta. El peso medio del fruto fue similar entre polinizadores (Tabla 7). Lee *et al.* (2010) no encontró diferencias en producción al utilizar abejorros y abejas en un cultivo de melón, sin embargo Stanghellini *et al.* (1998) observó como los abejorros eran más eficientes en la polinización de la sandía, aumentando el cuaje y disminuyendo el aborto floral.

Tabla 7. Rendimientos productivos en dos cultivares de sandía (Reina de corazones y Master) y con dos polinizadores naturales diferentes (*Apis mellifera* y *Bombus terrestris*). Valores seguidos de diferente letra indican diferencias significativas al 95 % (Test LSD)

Cultivar	Polinizador	Producción total (kg m ⁻²)	Producción comercial (kg m ⁻²)	Producción no comercial (kg m ⁻²)	Peso medio fruto comercial (kg fr ⁻¹)	Núm. frutos comerciales (fr pl ⁻¹)
Reina de corazones	<i>Apis mellifera</i>	11,6 a	11,0 a	0,6 a	4,2 a	5,0 a
Reina de corazones	<i>Bombus terrestris</i>	4,1 b	3,9 b	0,2 a	4,6 a	1,6 b
Master	<i>Apis mellifera</i>	6,5 a	6,2 a	0,3 a	1,8 a	6,6 a
Master	<i>Bombus terrestris</i>	1,5 a	1,1 b	0,4 b	1,2 a	1,6 b

2.4. Optimización de plantas polinizadoras en sandía

Las sandías sin semilla o triploides carecen de suficiente polen fértil para poder autofecundarse, recurriéndose a sandías con semillas o diploides que proporcionan el polen viable para la correcta fecundación. Normalmente, se dispone de una línea de plantas diploides por cada dos líneas de triploides (33 % de polinizador) o bien, se intercala la sandía diploide en las líneas de las sandías triploides

El ensayo se desarrolló en un invernadero con cubierta asimétrica, de 2.400 m², dividido en tres parcelas idénticas de 800 m² cada una. El invernadero estaba formado por ocho módulos de estructura metálica, con una altura en cumbrera de 5,4 y 3,4 m en banda, orientados en dirección este-oeste, con ventilación lateral (norte y sur) y cenital y cubiertas con malla antiinsectos de 20 x 10 hilos cm⁻², con un grosor de hilo de 0,27 mm. Se cultivó en bolsas de perlita y el riego fue por goteo, con goteros autocompensantes de 3 l h⁻¹.

Figura 8. Parcela de ensayo

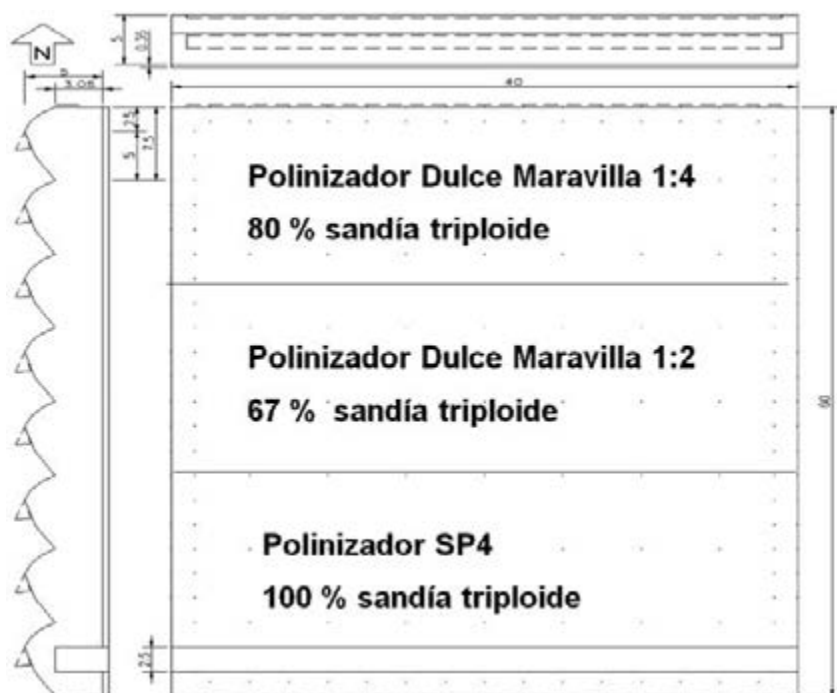


El material vegetal utilizado para el ensayo, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 8. Material vegetal utilizado

Campaña	Cultivar	Polinizador	Relación polinizador	Superf. triploide (%)	Superf. diploide (%)	Ciclo	Densidad (pl m ⁻²)	Polinizador natural
2010/11	Reina de corazones	Dulce maravilla	1:4	80	20	20/03/2011 al 20/06/2011	0,3	<i>Apis mellifera</i>
		Dulce maravilla	1:2	67	33			
		SP4		100				

Figura 9. Disposición de los polinizadores en cada parcela de ensayo durante la campaña de primavera de 2011



Se determinó principalmente producción comercial, atendiendo a las normas de calidad para sandía (Reglamento CE 1093/97, modificado por Reglamento CE 1615/2001).

Resultados

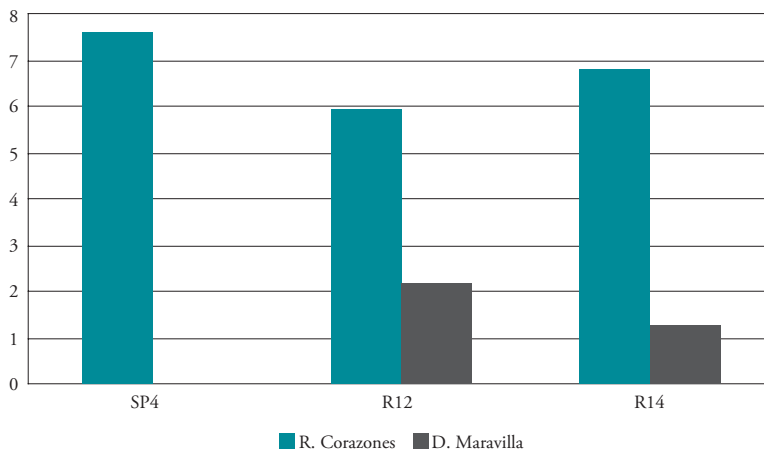
La producción comercial de sandía triploide fue mayor en la parcela 1:2, con $8,9 \text{ kg m}^{-2}$, seguido de la relación 1:4 con $8,5 \text{ kg m}^{-2}$, mientras que en la parcela con el polinizador SP4 la producción comercial fue de $7,6 \text{ kg m}^{-2}$. La producción comercial de sandía diploide fue similar entre las parcelas con relación 1:2 y 1:4 respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9. Producción comercial de un cultivo de sandía triploide y diploide durante la campaña de primavera de 2011

Parcelas	Producción comercial (kg m ⁻²)	
	Reina de corazones	Dulce maravilla
Relación 1:2	8,9 a	6,5 a
Relación 1:4	8,5 ab	6,4 a
SP4	7,6 a	

Al extrapolar los datos anteriores y considerando la superficie real de cada polinizador en las parcelas de ensayo, la producción comercial de sandía sin semilla fue mayor en la parcela SP4 con 7,6 kg m⁻² (Tabla 9 y Gráfico 3).

Gráfico 3. Producción comercial de un cultivo de sandía triploide y diploide durante la campaña de primavera de 2011, considerando la superficie real de cada polinizador. En kg m⁻²



Referencias bibliográficas

- ALBANO, S.; SALVADO, E. y MEXIA, A. (2000): «Bumblebees (*Bombus terrestris* L.) (Hymenoptera: Apoidea) as a potencial pollinator for greenhouse muskmelon crops: a behavioural study»; *Bulletin OILB SROP* (23); pp: 45-54.
- BROWN, P. E.; FRANK, C. P.; GROVES, H. L. y ANDERSON, M. (1998): «Spectral sensitivity and visual conditioning in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae* (hym.: Cynipidae)»; *Bulletin of Entomological Research* (88); pp. 239-245.

- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J.; SOLER, A. y LÓPEZ, J. C. (2006): «Atractivos florales visuales en plantas hortícolas»; *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía. España; pp. 37-48.
- CHITKA, L. y THOMSON, J. D. (2001): *Cognitive Ecology of Pollination - Animal Behavior and Floral Evolution*. Cambridge University Press; pp. 423.
- COLLISON, C.H. (1989): «Manage bees for vine crop pollination»; *Amer. Veg. Grower April* (30).
- DAG, A. y EISIKOWITCH, D. (1995): «The influence of hive location on honeybee foraging activity and fruit set in melons grown in plastic greenhouses»; *Apidologie* (519-26); pp. 511.
- DAG, A.; EFRAT, C.; ZVIELI, Y.; OMAR, S.; VEIL, D. y OFENBACH, R. (1996): «Honeybee and bumble-bee pollination of melon in greenhouses»; *Yalkut H'michveret*. pp: 11-12.
- DAG, A. y KAMER, Y. (2001): «Comparison between the effectiveness of honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annum*)»; *American Bee Journal* (141); pp. 447-448.
- DAG, A. y EISKOWITCH, D. (2005): «The effect of environmental conditions on bee pollination activity in greenhouses»; *Book of Abstracts*. 39th Apimondia. International Apicultural Congress. Dublin, Irlanda; pp.65
- DAG, A. (2006): «Interacciones entre polinizadores y plantas cultivadas bajo las especiales condiciones medioambientales de los recintos cerrados»; *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía, España; pp. 2-5.
- DOORN van, A. (2006): «Factores que influyen en el funcionamiento de las colonias de abejorros en invernadero»; *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía, España; pp. 154-171.
- DYER, G. y CHITTA, L. (2004): «Bumblebee search time without ultraviolet light»; *J. Exp. Biol.* (207); pp. 1683-1699.
- GÁZQUEZ, J. C.; MECA, D.; MARTÍNEZ, E. M.; SEGURA, M. D. y SOLER, A. (2006): «Comparación entre polinización con abeja (*Apis mellifera*) y bioestimulantes en calabacín en invernadero. Primavera 2005»; *XXXV Seminario de Técnicos y especialistas en horticultura*. Ibiza, España; pp. 125-132.

- GÁZQUEZ, J. C.; MECA, D.; LÓPEZ J. C.; BAEZA, E.; PÉREZ-PARRA, J. J. y ACEDO, A. J. (2009): «Ensayo de cultivares de calabacín bajo control integrado con polinización mediante *Bombus terrestris* en invernadero»; *Acta de horticultura* (54). VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas (SECH). Logroño, España; pp. 218-219
- LEE, S. B.; SIM, H. S.; KIM, W. T.; PARK, K. H.; HWANG, S. J. y CHOI, Y. C. (2010): «Characteristics of pollinating activities by *bombus terrestris* worker, drone and *apis mellifera* worker at the oriental melon Houses»; *Korean journal of apiculture* (25); pp. 245-252.
- LÓPEZ, J. C.; PÉREZ, C.; SOLER, A.; PÉREZ-PARRA J.; GÁZQUEZ J. C.; MECA, D. y RODRÍGUEZ, M. A. (2006): «Evaluación de tres materiales antiplagas para cubierta de invernadero»; *X Jornadas del grupo de horticultura*. Granada, España; pp. 21-25.
- NATES-PARRA, G. (2005): «Abejas silvestres y polinización»; *Manejo integrado de plagas y agroecología* (75); pp. 7-20.
- PÉREZ, C.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; MECA, D. E.; MARÍN, A.; BERMÚDEZ, M. S. y SOLER A. (2007): «Influencia de los plásticos antiplagas sobre los polinizadores naturales de los cultivos hortícolas en invernadero»; *XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura*. Almería.
- PÉREZ, C.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; MARÍN, A. y BERMÚDEZ, M. S. (2009): «Experiencias con plásticos antiplagas en cultivos de tomate y sandía»; *Acta de horticultura* (54). VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas (SECH). Logroño, España; pp. 204-205.
- MACFARLANE, R. P. (1995): «Applied pollination in temperate areas»; *FAO Agricultural Services Bulletin* (118). Roma, Italia; pp. 20-39.
- MAYNARD, D. N. (1989): «Triploid watermelons: a new version of an old crop»; *Amer. Verg. Grower*, 37(8); pp. 42-43.
- MCGREGOR, S. E. (1976): «Insect pollination of cultivated crop plants»; *USDA, Agric. Handbook* (496); pp. 1-411.
- MIGUEL, A.; LÓPEZ, S. y BAIXAULI, C. (2002): «Cultivo en invernadero»; en MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F., coord.: *El cultivo de la sandía*; pp. 323.
- MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G.; KHOSLA, S. y SHIPP, L. (2001b): «Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and loss in commercial tomato greenhouses, Can»; *Entomol.* (133); pp. 883-893.

- REYES CARRILLO, J. L. y CANO RÍOS, P. (2002): «Manual de polinización apícola»; *Manual* (7). Programa nacional para el control de la abeja africana. Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola.
- SABARA, H. A. y WINSTON, M. L. (2003): «Managing honey bees (Hymenoptera: Apidae) for greenhouse tomato pollination»; *Journal of Economic Entomology* (96); pp. 547-554.
- SOLER, A.; VAN DER BLOM, J. y CABELLO, T. (2005): «Efecto de cubiertos de invernadero UV absorbentes en el comportamiento de polinizadores (*Bombus terrestris* y *Apis mellifera*: Hymenoptera, apidae) en condiciones de bioensayo»; *Bragança* (93). Actas IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada.
- SOLER, A.; VAN DER BLOM, J.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ J. C. y CABELLO, T. (2006): «Efecto del plástico UV absorbente sobre el comportamiento de *Bombus terrestris* en invernadero: resultados de un bioensayo»; *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía, España; pp. 254-257.
- STANGHELLINI, M. S.; AMBROSE, J. T. y SCHULTHEIS, J. R. (1998): «Seed production in watermelon: a comparison between two commercially available pollinators»; *HortScience* 33(1); pp. 28-30.
- RECHE, J. (1994): «Importancia del clima y su repercusión sobre la planta»; *Cultivo de la sandía en invernadero*; pp. 243.
- US DEPT. AGRICULTURE (1986): «Using Honey Bees to Pollinate crops»; *Leaflet* (549). USDA.

Técnicas de cultivo al aire libre y sandía sin pepitas

Salvador López Galarza^(a), Alfredo Miguel^(b) y Carlos Baixauli Soria^(c)

^aUniversidad Politécnica de Valencia;

^bInstituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

^cCentro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Preparación del suelo

Con riego a pie es fundamental una buena nivelación. En ese caso, antes de la preparación de los surcos de riego debe pasarse una niveladora láser.

La raíz de la sandía puede alcanzar bastante profundidad, por lo que la preparación del suelo debe comprender algunas labores que remuevan horizontes profundos. Es bastante usual el empleo de subsolador, seguido de pases de grada o fresadora.

Es conveniente iniciar cuanto antes la preparación del terreno, si la situación del cultivo en la rotación lo permite y tratar de destruir la mayor cantidad posible de malas hierbas, mediante labores superficiales continuadas.

Cuando el riego es superficial, la última labor es para preparar el riego y la plantación. Se pueden hacer surcos, coincidiendo con las líneas de plantación, cuando los primeros riegos se han de dar con estos surcos o pequeños caballones, en cuya cresta se planta, regándose por inundación todo el terreno.

En caso de utilizar riego localizado la plantación se hace normalmente en llano aunque también puede interesar hacer un surco entre las hileras de plantación que sirva para eliminar el exceso de agua en caso de lluvias torrenciales. En este caso suele ser suficiente la utilización de un lateral de riego por hilera de cultivo con emisor cada 0,5 a 1 m.

Figura 1. Riego de superficie



Figura 2. Riego localizado

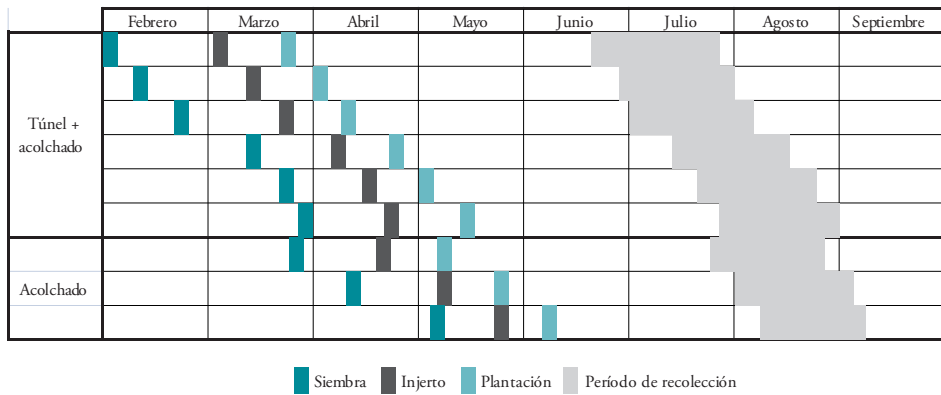


2. Ciclos de cultivo

En la Tabla 1 se muestran los distintos ciclos de cultivo al aire libre que pueden seguirse para la producción de sandía injertada. Los sistemas de semi-forzado propuestos se matizan en el epígrafe correspondiente a los semiforzados, en el que se recomienda la cubierta flotante con polipropileno no tejido tanto en plantaciones precoces como en tardías.

En los últimos años la tendencia es la de agrupar cada vez más las recolecciones, efectuándolas en dos o tres pasadas en periodos de 2 semanas, escalonando los trasplantes, recurriendo a plantaciones más tardías en zonas más frescas durante el mes de junio para asegurar recolecciones durante todo el mes de septiembre.

Tabla 1. Ciclos de cultivo



3. Plantación

La realización de siembra directa en sandía ha ido, poco a poco, abandonándose y hoy en día se utiliza casi exclusivamente el trasplante, bien sea de planta sin injertar o, más normalmente, injertada. La densidad de plantación, separación entre líneas y entre plantas, depende de varios factores: sistema de riego, fertilidad del suelo, época de plantación y del injerto. Este último es el más importante. Con planta injertada sobre patrones vigorosos se emplea un número de plantas muy inferior, hasta un 50 % menor, al que se utilizaría con plantas sin injertar.

Tabla 2. Marcos de plantación. Separación entre plantas para obtener un determinado número de plantas por hectárea con una determinada distancia entre filas

		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

La plantación se realiza, cuando es en surcos, en el lateral mejor orientado (S-SE) y 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 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. Las marras de plantación en estos casos pueden llegar a ser importantes.

Figura 3. Aporcado de tierra



Figura 4. Escaldado cuello planta



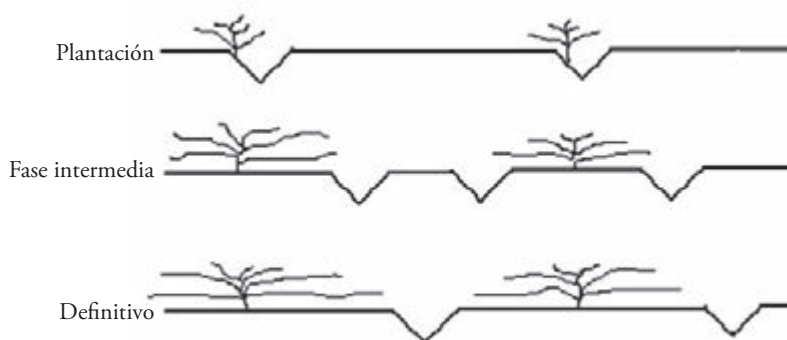
4. Embancado

Es una operación que se realiza cuando el riego es por surcos y 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 5. Plantación después del embancado



Figura 6. Evolución del embancado



Para el embancado se utiliza normalmente un motocultor que da dos pasadas, una en cada sentido, con una vertedera que echa la tierra sobre el banco. Esta operación debe realizarse antes de que las plantas tengan ramas superiores a 1 m. aproximadamente, con el fin de que no se dañen al realizar esta labor.

5. Escardas

La sandía, como todas las cucurbitáceas, compite muy mal con las malas hierbas. Como se ha dicho anteriormente, es conveniente elegir una parcela en la que la población de adventicias no sea excesiva o debe prepararse, mediante labores sucesivas, para que no constituyan un problema importante.

Se ha generalizado el empleo de acolchado con polietileno negro de 60-100 galgas (0,015-0,025 mm) de espesor y 60-80 cm. de anchura incluso 100 cm de ancho que suele ser la zona de influencia de humedad del suelo, sobre las hileras de plantas. La colocación del plástico puede realizarse con máquina o a mano, enterrando los bordes del mismo o echando unas paletadas de tierra, de trecho a trecho, para que el viento no lo levante.

Figura 7. Acolchado negro en la hilera de plantas



Entre las hileras de plantas se dan labores superficiales mientras el tamaño de las mismas lo permita. Cuando las ramas son grandes, debe dejarse de pasar con apero alguno.

Tabla 3. Características de algunos herbicidas que pueden utilizarse en sandía

Materia activa	Dosis (l/ha)	Aplicación	Efectividad
Fluazifop (12,5 %)	1,25-2	Posemergencia precoz	Monocotiledóneas
Quizalofop-p-etil (5 %)	1-4	Posemergencia precoz	Monocotiledóneas

6. Polinización

La sandía tiene flores de dos tipos: masculinas y femeninas. Para que se produzca la fecundación y el posterior crecimiento del fruto, es necesario que el polen llegue desde las flores masculinas a las femeninas, y de esa operación, del transporte, se encargan habitualmente los insectos, abejas principalmente.

Figura 8. Flor masculina



Figura 9. Flor femenina



Cada flor femenina de sandía necesita una gran afluencia de polen para que sus frutos se desarrollen adecuadamente, lo que se consigue mediante la concurrencia de 1 abeja por cada 100 flores y 10 visitas por flor femenina (Collison, 1989; Maynard, 1989). Aunque las plantaciones al aire libre cuentan generalmente con una población de abejas suficiente, para asegurar una correcta polinización es conveniente ubicar 2 colmenas por hectárea durante el tiempo de la floración.

En primaveras frías o lluviosas las abejas no cumplen su cometido adecuadamente y puede suceder en estas condiciones, que cuajen menos frutos de lo normal o que de lugar a la presencia de frutos ahuecados debido a esa deficiente polinización.

Figura 10. Colmena de abejas



Figura 11. Frutos ahuecados



7. Podas

No se suelen realizar. Tan solo se eliminan los frutos deformados o frutos aislados cuajados prematuramente que durante su desarrollo van a dificultar el crecimiento de la planta y el cuajado de otros frutos. Es importante eliminar los rebrotes del portainjerto puesto que reducen el vigor de la planta cultivada.

8. Técnicas de semiforzado

La sandía 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 forzado más utilizados son el acolchado plástico, el pequeño túnel y la cubierta flotante o la combinación del primero con cualquiera de los otros dos.

8.1. Acolchado plástico

Se utiliza polietileno negro, como ya se ha dicho, 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 resulta más cara su adquisición, no hay que recogerlo y realizar vertido controlado al finalizar el cultivo, siendo su respuesta productiva y agronómica similar a la del polietileno negro (Giner *et al.*, 2012).

8.2. Túnel pequeño

Se constituye con arcos de alambre de 3-5 mm de diámetro separados 1'5 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. Los bordes se entierran en el suelo quedando un túnel transparente sobre la hilera de plantas.

Figura 12. Túnel pequeño



El túnel, 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, cuando las plantas ocupan por completo el espacio interior, se retira 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.

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 suelo 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.

8.3. Cubierta flotante

Esta técnica consiste en colocar una lámina directamente sobre las plantas. Se utilizan normalmente láminas de polipropileno no tejido de 1,5-2 m. de anchura y 17 g/m² de peso, pero pueden emplearse otros materiales, como polietileno perforado con 500-1.000 agujeros por metro cuadrado. 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 altas. Puede conservarse la cubierta durante un largo periodo de tiempo sin necesidad de perforarla; las plantas lo van levantando a medida que van creciendo.

La cubierta debe retirarse cuando empieza la floración, para que las abejas puedan acceder a las flores y se realice una buena fecundación. En el caso de que las ramas sobresalgan de la cubierta, esta puede dejarse hasta poco antes de la recolección.

La utilización de la cubierta flotante con el polipropileno no tejido de 17 g/m² 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 de barrera antiinsectos, en las que hemos podido constatar una reducción de la incidencia de virosis transmitida por pulgones (Giner *et al.*, 2012).

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 provocando 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 polietileno negro y 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 técnica del microtúnel utilizando como cubierta el polipropileno no tejido (Figura 14).

Figura 13. Cubierta flotante con polipropileno no tejido



Figura 14. Microtúnel con polipropileno no tejido



9. Recolección

La recolección en la sandía suele comenzar a los 80-100 días desde la plantación, dependiendo de cultivares, fecha de plantación, climatología, etc. 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. Entre la fecundación y la recolección transcurre un periodo de 35-40 días en sandía sin injertar y una semana más en sandía injertada.

Figura 15. Recolección



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.

Se dan dos o tres pases para recolectar los frutos. 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 recolección más tardía aunque, como se ha indicado anteriormente, esta práctica tiende a desaparecer.

10. 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 entonces su producción ha ido aumentando.

10.1. Polinización

Los cultivares triploides, aunque sus flores masculinas son de apariencia normal, no tienen polen viable. Con plantas exclusivamente triploides, aunque haya abundancia de abejas, no llega a cuajar apenas ningún fruto. Para que haya fecundación y desarrollo del fruto 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, los primeros sin semillas y estas últimas con pepitas. Para poder distinguir unos de otros sin necesidad de partírlas, es necesario que exteriormente sean diferentes.

Figura 16. Flores femeninas y masculinas



Figura 17. Frutos sin semillas blancas y con semillas negras



10.2. Plantación

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, una diploide). Una reducción de las proporciones indicadas (1:2 en líneas completas, 1:3 o 1:4 con plantas intercaladas) supone una reducción en el porcentaje de cuajado y en la cosecha.

**Tabla 4. Polinizador en hileras enteras proporción 1:2 (33 %) (a).
Polinizador dentro de la hilera proporción 1:3 (25 %) (b)**

X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O
X	O	O	X	O	O

X	O	X	O	X	O
O	O	O	O	O	O
O	X	O	X	O	O
O	O	O	O	O	X
X	O	X	O	X	O
O	O	O	O	O	O
O	X	O	X	O	O
O	O	O	O	O	X
X	O	X	O	X	O
O	O	O	O	O	O
O	X	O	X	O	O
O	O	O	O	O	X

X - Polinizador (sandía con pepitas)

O - Planta de sandía sin pepitas

En alguna ocasión ha llegado a plantarse el cultivar triploide injertado y el polinizador sin injertar. Una vez realizada la polinización aunque mueran las plantas sin injertar, la cosecha de sandía sin semillas podría quedar asegurada. El inconveniente es que de esta manera no es posible un segundo cuaje después de la recolección o, peor aún, si las plantas sin injertar mueren prematuramente, ni siquiera la primera floración de la variedad triploide sería fecundada.

También se pueden emplear cultivares de sandía diploide que posteriormente se desechan y que en algunos casos han denominado «superpolinizadores». En Cajamar Caja Rural se han realizado numerosas experiencias con estos polinizadores desechables con el objeto de que la recolección sea exclusivamente de los frutos sin pepitas. Como se ha indicado en el párrafo

anterior estas plantas, cuando se repite el cultivo, deben injertarse para evitar su posible muerte prematura y asegurar un segundo cuaje. Con estos polinizadores se han estudiado diferentes estrategias como trasplantarlos sin utilizar un espacio específico, tutorarlos sobre un encañado para ir eliminando los frutos asegurando así un periodo de floración más amplio y evitar la posterior germinación de sus semillas. En estos ensayos no hemos podido observar una ventaja clara respecto a la utilización de cultivares diploides que posteriormente pueden ser aprovechados para su venta (Giner *et al.*, 2009).

Figura 18. A la izquierda fruto de superpolinizador



Figura 19. Germinación de las semillas del superpolinizador



Referencias bibliográficas

- BAIXAULI, C.; GARCÍA, M. J. y AGUILAR, J.M. (2001): «Sistemas de forzado para sandía y melón»; *Comunitat Valenciana Agraria, Generalitat Valenciana Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación* (18); pp. 46-50.
- GINER, A.; AGUILAR, J. M.; NÚÑEZ, A.; NÁJERA, I. y BAIXAULI, C. (2008-2012): «Resultado de ensayos hortícolas»; *Memoria de actividades* (2008, 2010). Generalitat Valenciana Fundación Ruralcaja.
- LÓPEZ GALARZA, S.; MIGUEL, A. y BAIXAULI, C. (1996): *Cultivo de la sandía*. Fundación Caja Rural Valencia.
- MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Fundación Caja Rural Valencia y Ed. Mundi Prensa.
- MAROTO, J. V. (1995): *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- MAYNARD, D. N. (1989): «Triploid watermelons: a new version of an old crop»; *American Vegetable Grower* 33(8).
- MIGUEL, A. y MAROTO, J. V. (2000): *Nuevas técnicas en el cultivo de sandía*. Fundación Caja Rural Valencia.
- MIGUEL, A. (1997-2000): «Resultados de Ensayos Hortícolas»; *Memoria de Actividades*. Generalitat Valenciana. Fundación Caja Rural Valencia.
- MIGUEL, A. (1997): *Injerto de Hortalizas*. Generalitat Valenciana Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación.
- MIGUEL, A.; LÓPEZ GALARZA, S. y BAIXAULI, C. (1997-2000): «Resultados de Ensayos Hortícolas»; *Memoria de Actividades*. Generalitat Valenciana. Fundación Caja Rural Valencia.

La fertilización y el riego de la sandía al aire libre

*Fernando Pomares García^(a), Carlos Baixauli Soria^(b),
José Mariano Aguilar Olivert^(b), Francisco Tarazona Pascual^(a)
y María Estela Solsona^(a)*

^aInstituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)
y ^bCentro de Experiencias de Cajamar en Paiporta

1. Fertilización

La sandía, al igual que la mayoría de los cultivos hortícolas, vegeta mejor en los suelos de textura media, profundos, con buen drenaje, bien provistos de elementos fertilizantes y materia orgánica, con pH ligeramente ácido o moderadamente alcalino, presentando una tolerancia media a la salinidad.

La fertilización es la práctica de cultivo que tiene como finalidad suministrar al suelo o a la planta directamente las cantidades de nutrientes necesarias para la obtención de producciones altas y frutas de buena calidad: pero, además se debe procurar que esta se realice de la forma más eficiente posible con la finalidad de reducir el costo económico y su impacto ambiental.

1.1. Fertilización nitrogenada

Los principales aspectos de un programa de fertilización nitrogenada que pueden condicionar la respuesta del cultivo son: la dosis, el tipo de fertilizante, la modalidad de aplicación y el fraccionamiento.

En relación a la dosis de nitrógeno óptima para el cultivo de sandía, esta depende, además del rendimiento previsible, de las características edáficas y climáticas de cada zona. De ahí que haya grandes diferencias entre los resultados obtenidos en los ensayos realizados en diferentes países, e incluso, entre distintas regiones de un mismo país.

Figura 1. Ensayos de abonado en riego por inundación



Figura 2. Ensayos de abonado en riego localizado



1.2. Fertilización fosforada

La respuesta de la sandía al abonado fosforado, al igual que en cualquier cultivo hortícola, es altamente variable, estando determinada, principalmente, por el nivel de reserva del suelo en fósforo asimilable. De ahí que en algunos casos (Singh y Naik, 1989) se obtenga una respuesta positiva con la fertilización fosforada, y en otros (Pomares *et al.*, 1999, 2004 y 2006), cuando el suelo tiene un nivel adecuado de fósforo disponible, no se manifiestan efectos positivos de la fertilización fosforada en el rendimiento.

1.3. Fertilización potásica

La respuesta de la sandía a la fertilización potásica, al igual que la fosforada, es muy variable dependiendo principalmente del nivel de potasio asimilable en el suelo. De ahí que el efecto sobre la producción pueda ser positivo en unos casos y nulo en otros.

2. Métodos de diagnóstico para determinar las necesidades nutritivas

2.1. Extracción de nutrientes por la planta

En la siguiente tabla se muestran las extracciones de nutrientes en el cultivo de la sandía obtenidas por diferentes autores en distintas zonas de cultivo. Al igual que sucede en otros cultivos hortícolas, de los tres macronutrientes principales el potasio es el que se extrae en mayor cantidad, seguido del nitrógeno y en último lugar el fósforo.

Tabla 1. Nutrientes extraídos por las plantas de sandía en diferentes zonas de cultivo

Extracción	Rendimiento (t/ha)	Nutrientes extraídos (kg/ha)					Fuente
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Total	35,6	52	22	60	43	13	Hegde (1987) en cultivo al aire libre
Por t de cosecha		1,4	0,6	1,7	1,2	0,4	
Total	33,2	84	42	81	142	54	Quesada <i>et al.</i> (1990) en cultivo al aire libre
Por t de cosecha		2,5	1,3	2,4	4,3	1,6	
Total	53-58	148-206	26-39	282-347	273-307	44-58	Barona (1994), sandía sin injertar en cultivo al aire libre
Por t de cosecha		2,6-2,8	0,5	4,3-5,3	3,8-5,1	0,7-0,8	
Total	58-95	219-234	44-57	258-299	272-329	57-58	Barona (1994), sandía injertada en cultivo al aire libre
Por t de cosecha		2,5-3,8	0,6-0,8	3,1-4,4	3,5-4,7	0,6-1,0	
Total	66-110	174-360	51-83	245-341		48-87	Proyecto Vegineco. Sandía injertada en cultivo al aire libre. Pomares <i>et al.</i> (2001)
Frutos		100-222	30-55	184-201		17-39	
Por t de cosecha		2,3-3,3	0,6-0,8	2,8-4,3		0,6-0,8	

Tanto las extracciones totales como las fórmulas de equilibrio N:P₂O₅:K₂O varían considerablemente de unas zonas a otras, debido a las diferencias correspondientes a: suelo, clima, agua, variedad, ciclo de cultivo, sistema de riego, marco de plantación, condiciones de cultivo, etc. De estos datos que se muestran, resulta una fórmula media de equilibrio N:P₂O₅:K₂O de 2,6: 0,8: 3,4.

De la extracción total de nutrientes realizada por la planta de sandía (parte aérea), a los frutos les corresponde entre el 57 y 62 % del nitrógeno, entre el 59 y 66 % del fósforo y entre el 58 y 75 % del potasio. Estas cifras ponen de manifiesto el considerable ahorro de fertilizantes que se puede conseguir con la incorporación al suelo de los restos del cultivo de la sandía tras la finalización de la recolección, en lugar de retirarlos de la parcela o quemarlos.

La cantidad de nutrientes extraída del suelo por la planta no coincide con el abonado que necesita el cultivo debido a las siguientes razones:

- Una parte de los nutrientes extraídos por las plantas de sandía pueden quedar en la parcela, bien en forma de raíces o como restos de cultivo.
- Una porción de los nutrientes absorbidos por la planta puede proceder del suelo, agua de riego o enmiendas orgánicas.

- c) Los fertilizantes (nitrogenados, fosforados, potásicos, etc.) después de aportarse al suelo sufren una serie de transformaciones a través de las cuales se producen pérdidas o disminuciones en la asimilabilidad de los nutrientes, lo que se traduce en un aprovechamiento parcial de los fertilizantes por el cultivo.

2.2. Análisis del suelo

Este análisis se debe centrar en aquellas características físicas, químicas y fisicoquímicas que afectan tanto a la fertilidad física, química o biológica, como a la eficacia de los fertilizantes. Con los resultados que aporta el análisis del suelo se pueden determinar algunos puntos básicos de la fertilización como son: las necesidades de enmiendas orgánicas, la dosis de abonado fosforado y potásico, correctores de pH, etc.

Materia orgánica: el mantenimiento de un nivel alto de materia orgánica en el suelo es un requisito básico para el mantenimiento de una fertilidad alta en los suelos agrícolas, particularmente en el caso de los cultivos hortícolas, especies que suelen responder bastante bien a las aplicaciones de enmiendas orgánicas.

No obstante, a modo de orientación, se pueden indicar los siguientes niveles adecuados de materia orgánica para suelos de hortícolas: a) en suelos arenosos, contenidos superiores a 1,5 % y, b) en suelos francos y arcillosos, niveles superiores a 2 %.

Nitrógeno inorgánico: a diferencia de lo que sucede con el nitrógeno orgánico del suelo, que no puede ser absorbido por las raíces de las plantas, el nitrógeno inorgánico (N-amoniaco + N-nítrico) existente en el suelo al inicio del cultivo en la capa de terreno susceptible de ser explorada por el sistema radical del cultivo es de crucial importancia para el cálculo de la dosis de abono nitrogenado necesario.

El nitrógeno mineral existente en el suelo puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$N_{\text{inorgánico}} \text{ (kg N/ha)} = \frac{(\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-) \text{ en mg/kg}}{10^6} \times \text{peso de suelo capa muestreada (kg/ha)}$$

Ejemplo. En el supuesto de que el contenido de nitrógeno ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) fuera de 50 mg/kg, y que la capa de suelo muestreada fuera de 0-30 cm, con un peso de 3.600.000 kg/ha. La cantidad de N inorgánico sería 180 kg N/ha.

Fósforo asimilable: está constituido por la fracción de fósforo del suelo que puede extraerse o solubilizarse mediante algún reactivo químico. El contenido de fósforo asimilable del suelo suele estar relacionado con el grado de respuesta de los cultivos a la fertilización fosforada, de ahí que sean indicadores de la riqueza del suelo en fósforo y puedan utilizarse para ajustar la fertilización fosforada a la reserva de este nutriente en el suelo.

En la Tabla 2 se muestran los niveles críticos de fósforo extraído con bicarbonato sódico (método Olsen) para interpretar los análisis de suelos en los cultivos hortícolas.

Potasio asimilable: al igual que se indicó para el fósforo, el nivel de potasio asimilable en el suelo constituye un criterio de gran interés para calcular las necesidades de fertilización potásica de los cultivos en general, y de la sandía en particular. Para la interpretación de los análisis del suelo se pueden utilizar los niveles críticos de potasio asimilable (extraíble con acetato amónico).

Tabla 2. Niveles de fósforo y de potasio respectivamente

Niveles de fósforo asimilable (ppm) (método Olsen)					
Tipo de suelo	Muy bajo	Bajo	Adecuado	Alto	Muy alto
Arenoso ^(a)	< 11	11-20	20-30	30-50	> 50
Franco ^(b)	< 16	16-30	30-45	45-60	> 60
Arcilloso ^(c)	< 20	20-35	35-50	50-70	> 70
Niveles de potasio asimilable (ppm) (método acetato amónico)					
Tipo de suelo	Muy bajo	Bajo	Adecuado	Alto	Muy alto
Arenoso ^(a)	< 50	50-100	100-200	200-300	> 300
Franco ^(b)	< 75	75-150	150-300	300-450	> 450
Arcilloso ^(c)	< 100	100-200	200-400	400-600	> 600

^(a)Arcilla < 10 %; ^(b)Arcilla 10-30 %; ^(c)Arcilla > 30 %.

Tabla 3. Factor de conversión

Factor de corrección en función de los niveles de fósforo y potasio	
Muy Bajo	1,5
Bajo	1,3-1,4
Adecuado	0,8-1,2
Alto	0,1-0,7
Muy Alto	0

2.3. Análisis del agua

El análisis del agua de riego es de gran interés para conocer la cantidad de elementos nutritivos que aporta el agua, así como el manejo de riego más adecuado para evitar o reducir los riesgos de salinidad.

De los nutrientes que aporta el agua, el más importante, sin lugar a dudas, es el nitrógeno, ya que actualmente es frecuente encontrar aguas de riego con altos niveles de nitratos, cuyo aporte de nitrógeno puede representar una parte importante de las necesidades nitrogenadas. El cálculo de los aportes de nitrógeno derivados del agua de riego puede realizarse como sigue:

$$N_{\text{aportado}} \text{ (kg/ha)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3\text{/ha)} \times \text{nitratos (mg/l)}}{4.430}$$

Otros nutrientes importantes que nos puede aportar el agua de riego son el magnesio y el calcio. El cálculo de los aportes de estos elementos mediante el agua de riego lo podemos calcular con las siguientes fórmulas:

$$\text{MgO}_{\text{aportado}} \text{ (kg/ha)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3\text{/ha)} \times \text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)}}{602}$$

$$\text{CaO}_{\text{aportado}} \text{ (kg/ha)} = \frac{\text{Dosis de agua (m}^3\text{/ha)} \times \text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)}}{714}$$

En la Tabla 4 se muestran las aportaciones de nitrógeno, magnesio y calcio que se obtendría suponiendo una dosis de riego anual de 2.500 m³/ha.

De estos datos se deduce que cuando el agua de riego tenga un contenido de nitratos de 400 mg/l, la aportación de nitrógeno sería de 226 kg N/ha, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades nitrogenadas de una plantación normal de sandía.

Tabla 4. Cantidades de nitrógeno, magnesio y calcio que puede aportar el agua de riego, suponiendo un volumen de agua anual de 2.500 m³/ha

mg/l o ppm	kg/ha		
	N	MgO	CaO
50	28	208	175
100	56	415	350
150	85	623	525
200	113	831	700
250	141	1.038	875
300	169	1.246	1.050
350	198	1.453	1.225
400	226	1.661	1.401

2.4. Análisis foliar

A pesar de los inconvenientes del análisis foliar como guía en la fertilización de los cultivos hortícolas, puede ser bastante útil para el diagnóstico de estados nutritivos extremos; deficiencias o excesos. A continuación se muestran los niveles adecuados (correspondientes a las producciones más altas) de nutrientes en hojas recién formadas, tomadas en el periodo de desarrollo de los primeros frutos, en sandía sin pepitas de la cv. Reina de Corazones, en cultivo al aire libre.

Tabla 5. Rango adecuado de nutrientes foliares en sandía sin pepitas, variedad cv. Reina de Corazones.

Nutriente	Rango adecuado*
Nitratos (ppm N)	3.900-7.800
Nitrógeno (%)	3-4
Fósforo (%)	0,3-0,5
Potasio (%)	2,0-2,5
Calcio (%)	1,5-2,0
Magnesio (%)	0,3-0,4
Hierro (ppm)	50-90
Cobre (ppm)	8-10
Manganeso (ppm)	20-50
Cinc (ppm)	20-40

* Estos datos se han obtenido a partir de diferentes ensayos de fertilización (Pomares et al., 1997; Pomares et al., 1999) y de estudios prospectivos en distintas zonas de la Comunidad Valenciana.

3. Programas orientativos de fertilización

El programa de fertilización en un cultivo como la sandía está condicionado por una amplia gama de factores: las características del suelo y del clima, la variedad, el injerto, el polinizador, el marco de plantación, el grado de forzado, el sistema de riego, el historial de la parcela, etc. De ahí la dificultad de establecer un programa general adecuado para una zona determinada.

A modo de orientación, para la fertilización de la sandía en suelos de fertilidad media, se proponen los siguientes programas de fertilización:

3.1. Cultivo con riego por inundación

Tabla 6. Programa orientativo de fertilización en sandía al aire libre, con riego por inundación en suelos de fertilidad media

Época	Unidades fertilizantes		Fertilizante	
	Tipo	Dosis (kg/ha)	Tipo	Dosis (kg/ha)
Abonado de fondo	Materia orgánica	*	Compost o estiércol	
	N	80**	Complejos o abonos simples	
	P ₂ O ₅	120**	Complejos o abonos simples	
	K ₂ O	120**	Complejos o abonos simples	
Cuajado de los frutos	N	65	Nitrosulfato amónico	250
	K ₂ O	83	Nitrato potásico	180
A los 20 días de la aportación anterior	N	65	Nitrosulfato amónico	250
	K ₂ O	83	Nitrato potásico	180

* Aportar enmiendas orgánicas según necesidades del suelo.

** Reducir estas dosis de N, P₂O₅ y K₂O en función de las aportaciones de enmiendas orgánicas.

Programa de fertirrigación

Tabla 7. Cultivo con riego localizado (goteo). 90 días

Semana tras trasplante	Nitrato amónico 33,5 %	Ácido fosfórico 75 %	Nitrato potásico
	kg/ha	l/ha	kg/ha
1	0	0	0
2	15	12	15
3	16	12	15
4	31	21	30
5	31	21	35
6	21	21	35
7	21	15	65
8	25	15	65
9	48	15	65
10	48	8	110
11	48	8	110
12	41	0	105
13	0	0	0
Total	345	148	650

Tabla 8. Cultivo con riego localizado (goteo). 120 días

Semana tras trasplante	Nitrato amónico 33,5 %	Ácido fosfórico 75 %	Nitrato potásico
	kg/ha	l/ha	kg/ha
1	0	0	0
2	20	17	20
3	20	17	20
4	20	17	20
5	20	17	20
6	28	10	39
7	28	10	39
8	28	10	39
9	42	10	65
10	42	10	65
11	42	10	65
12	14	5	65
13	14	5	65
14	14	5	65
15	13	5	63
16	0	0	0
17	0	0	0
Total	345	148	650

4. Riego

El agua es un recurso crítico en las regiones áridas y semiáridas del área mediterránea, cuya escasez se puede agravar en los próximos años. De ahí que sea imperiosamente necesario lograr un aprovechamiento eficiente del agua en el riego de los cultivos.

Para conseguir un buen aprovechamiento del agua de riego es imprescindible ajustar la dosis a las necesidades hídricas del cultivo, con objeto de que se minimicen las diferentes pérdidas: percolación, evaporación y escorrentía, debiendo, asimismo, evitarse los estados extremos de humedad (déficit o encharcamiento) que puedan resultar perjudiciales para las plantas.

4.1. La influencia del riego en la producción, la calidad y la eficiencia en el uso del agua

En ensayos efectuados por nuestro grupo (Pomares *et al.*, 1999) en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, se evaluó el efecto de tres dosis de riego (75, 100 y 125 % etc., calculadas mediante evaporímetro clase A), en plantaciones de sandía triploide, injertada (cv. Reina de corazones/calabaza brava, con Dulce maravilla/Brava como polinizador) y sin injertar (Reina de corazones, con Pata negra como polinizador), dotadas con riego por goteo.

Los resultados de producción obtenidos indican una tendencia general a aumentar el rendimiento progresivamente con las dosis progresivas de agua aplicadas. Las diferencias de producción total (sandía triploide+polinizador) entre tratamientos resultaron significativas durante las tres campañas sucesivas (1993, 1994 y 1995) en el caso de la sandía injertada, y en sólo una (1995) con la sandía sin injertar. Tomando como referencia el rendimiento resultante con las dosis más bajas de riego (R_1), en la sandía injertada se alcanzaron incrementos de rendimiento entre 46 y 74 % con la dosis alta (R_3), y en la sandía sin injertar incrementos de rendimiento entre 5 y 25 % con la dosis intermedia (R_2) y entre 7 y 16 % con la dosis alta (R_3).

Figura 3. Ensayo de dosis de riego



El sistema de riego tiene una influencia considerable en el rendimiento de la sandía, según se ha puesto de manifiesto en diferentes experimentos. En los ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Pomares *et al.*, 1997) se obtuvieron igualmente mayores rendimientos con el rie-

go por goteo que con el de inundación, en dos de las tres campañas, tanto con la sandía injertada (64 % de aumento en las dos campañas) como con la sandía sin injertar (52 y 71 % de aumento en la 2.º y 3.º campaña, respectivamente).

Calidad de los frutos, el suministro de una cantidad adecuada de agua al cultivo de la sandía es particularmente importante durante la fase de engrosamiento de los frutos, habiéndose hallado en algunos experimentos (Andrade Junior *et al.*, 1997) un efecto significativo de la dosis de riego en el tamaño de los frutos de sandía, si bien en otros casos (Pomares *et al.*, 1999) la dosis de agua aplicada afectó escasamente al tamaño de los frutos de sandía triploide.

A pesar de la creencia generalizada de que un suministro alto de agua en la fase de maduración de los frutos provoca que estos resulten insípidos por su reducción en el contenido de azúcar, en los ensayos realizados en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Pomares *et al.*, 1999) no se obtuvo efecto significativo de la dosis de riego en el contenido en sólidos solubles (º Brix) de los frutos de sandía triploide.

Eficiencia en el uso del agua, utilizando como índice de la eficiencia en el uso del agua la producción expresada en kg/m³ de agua aplicada (Loomis, 1983), parece obvio que los valores de eficiencia resultarán afectados por las condiciones climáticas, tipo de plantación, sistema de riego, dosis de agua aplicada, etc.

Los resultados de eficiencia obtenidos en los ensayos realizados en Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta (Pomares *et al.*, 1999) indican que, en general, con la sandía injertada se obtuvieron valores de eficiencia más altos que con la sandía sin injertar. En cuanto al efecto de la dosis de riego sobre la eficiencia en el uso del agua, se constató que con la sandía injertada los valores de eficiencia más altos se obtuvieron con las dosis 100 y 125 % ET_c, según la campaña, mientras que con la sandía sin injertar las eficiencias más elevadas se lograron con las dosis 75 y 100 % ET_c.

4.2. Necesidades de agua

De las experiencias comentadas anteriormente y las correspondientes a los años 2003, 2006, 2007 y 2011 se exponen los resultados de rendimiento para cada dosis de riego en la siguiente gráfica. Se han estimado las necesidades hídricas para el cultivo de sandía al aire libre, con transplante de abril-mayo, en las condiciones de Valencia.

Gráfico 1. Rendimiento de sandía al aire libre con diferentes dosis de riego durante distintas campañas. En kg m⁻²

* Letras distintas mayúsculas/minúsculas indican diferencias significativas $p < 0,01$ / $p < 0,05$ según el test LSD.

** Plantaciones realizadas en riego localizado utilizando un acolchado de polietileno negro de 100 galgas.

Tabla 9. Dosis de riego

Año	Variedades (sin semillas/ polinizador)	Fecha transplante	Ciclo cultivo (días)	Dosis de riego (m ³ /ha)			Pluviometría (mm)
				R1	R2	R3	
2003	Reina corazones/Dulce maravilla	29/05/2003	71	1.481	2.068	2.947	4
2006	Precious petite/Miniazabache	24/05/2006	78	1.589	2.208	2.541	37
2007	Mielheart/Polenta	02/05/2007	90	1.489	2.141	2.692	26
2011	3608/Pata negra	03/06/2011	68	1.303	1.937	2.578	17

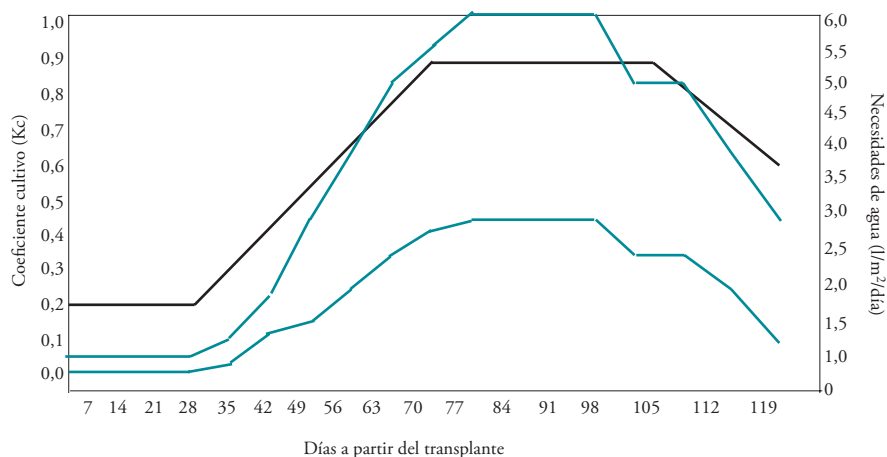
4.3. Programa de riego

A partir de los resultados obtenidos en nuestras experiencias y para cultivo al aire libre, se propone un programa de dosificación de riego orientativo en el sistema de riego por goteo en cultivo al aire libre para plantaciones durante el mes de abril.

Tabla 10. Estimación de las necesidades de agua

Días a partir del transplante	Aporte de agua de riego (l/m ² /semana)	Núm. riegos/semanales
0-7	3,5-7	1
8-14	3,5-7	1
15-21	3,5-7	1
22-28	4,2-8,4	1-2
29-35	8,4-16,8	2-3
36-42	10,5-21	3-4
43-49	14-28	4-5
50-56	17,5-35	5-6
57-63	19,3-38,5	5-6
64-70	21-42	6-7
71-77	21-42	6-7
78-84	21-42	6-7
85-91	21-42	6-7
92-98	17,5-35	5-6
99-105	17,5-35	5-6
106-112	14-28	4-5
113-119	12,3-21	3-4

Gráfico 2. Necesidades de riego



Referencias bibliográficas

- 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. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola.
- CAMACHO FERRE, F. y FERNÁNDEZ RODRIGUEZ, J. (2000): «El cultivo de sandía apirena injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español». Caja Rural de Almería.
- CASTILLA, N.; ELÍAS, F. y FERERES, E. (1990): «Evapotranspiración de cultivos hortícolas en invernadero en Almería»; *Investigación Agraria: roducción y Protección Vegetal* 5(1); pp. 117-125.
- GRUPO PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN (1993): *Normas de cultivo de sandía sin pepitas*. Convenio Consellería de Agricultura. Federación de Cooperativas.
- LOOMIS (1983): «Crop manipulation for efficient use of water. An overview»; en TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R. y SINCLAIR, T. R., eds.: *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. Am. Soc. Agron. Madisson, WI.; pp. 345-364.
- LÓPEZ GÁLVEZ, J.; BRETONES, F.; y JIMÉNEZ, M. (1988): *Respuesta a la fertilización nitrogenada de la producción precoz de sandía* (2). III Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Tenerife; pp. 293-298.
- MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Fundación Caja Rural Valencia y ed. Mundi Prensa.
- MAROTO, J. V. (1995): *Horticultura Herbácea Especial*. Mundi-Prensa. (4.º ed.). Madrid.
- MELO, M. J. y FERRER, P. (1997): «Estudio de la influencia de la dosis de agua en la producción de sandía injertada»; *Memoria de actividades: Resultados de ensayos hortícolas* (1997). Fundación Caja Rural Valencia; pp. 275-276.
- POMARES, F.; BAIXAULI, C.; AGUILAR, J. M.; TARAZONA, F. y ESTELA, M. (1993, 1994 y 1996): «Fertirrigación nitrogenada en sandía sin semillas»; *Memoria de Actividades* (1993, 1994 y 1995): *Resultados de Ensayos Hortícolas*. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fundación Caja Rural Valencia.

- POMARES, F.; BAIXAULI, C.; AGUILAR, J. M.; GINER, A.; NÚÑEZ, A.; BARTUAL, R.; TARAZONA, F.; ESTELA, M. y ALBIACH, R. (1999, 2004 y 2006): «Fertirrigación fosforada y potásica en sandía»; *Memoria de Actividades* (1999, 2004 y 2006): *Resultados de Ensayos Hortícolas*. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fundación Ruralcaja.
- POMARES, F. (1996): «El riego de la sandía»; en *El cultivo de la Sandía*. Fundación Caja Rural Valencia; pp. 51-55.
- POMARES, F. (2000): «Riego y fertirrigación»; en MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y BAIXAULI, C., ed.: *La Lechuga y Escarola*. Fundación Caja Rural Valencia. Mundi-prensa; pp. 125-142.
- 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*. Julio 1999; pp. 463-467.
- 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. Mayo 1997; pp. 137-150.
- QUESADA, F. M.; CASTILLA, N. y POZUELO, J. M. (1990): *Extracción de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) del cultivo de sandía al aire libre con diferentes técnicas de semiforzado* (1). I Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Lisboa, Portugal; pp. 372-377.
- RECHE, J. (1988): *La sandía*. Mundi-Prensa-MAPA-SEA.
- SÁNCHEZ, A. y ROMERO, L. (1993). «Rango óptimo de nutrientes en sandía»; *Hotofruticultura* (11); pp. 44-46.
- SINGH, R. V. y NAIK, L. V. (1989): «Response of watermelon (*Citrullus lanatus* Thumbs.. Monsf.) to plant density, nitrogen and phosphorus fertilization»; *Indian Journal of Horticulture* 46(1); pp. 80-83.

Enfermedades de la sandía presentes o de riesgo en los invernaderos de Almería

María Antonia Elorrieta Jove

Asociación de Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas en Almería
(Coexphal)

1. Introducción

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una cucurbitácea tradicionalmente cultivada en los invernaderos de Almería desde prácticamente el origen de los mismos. De fácil manejo y bien adaptada a nuestro clima, sobre todo en la campaña de primavera, este ha sido un cultivo muy apreciado por los agricultores de la zona. A pesar de ello, la superficie de cultivo de la sandía se ha visto mermada en los últimos años, en gran medida por los problemas de comercialización, pero también a causa de varios brotes epidémicos, nuevas entradas de enfermedades no establecidas en la zona, que han hecho el cultivo de la sandía prácticamente inviable en algunas campañas. Ejemplo de ello sería la entrada del virus de las venas amarillas del pepino o CVYV, en el año 2000. Contribuyen a estos problemas casos de endemismos como los generados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, que en su momento, dada la presencia generalizada y continuada del patógeno en la zona, llevó a numerosas fincas a abandonar este cultivo, recuperándose después gracias al uso del injerto con patrones resistentes a este patógeno, como son los portainjertos de híbridos de calabaza. Solución que supone, en cualquier caso, un aumento del coste del cultivo no compatible con la bajada de los precios actuales. Finalmente, existe además la amenaza de la posible entrada de nuevas enfermedades, como es el caso de la producida por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, que vendría a complicar aún más la situación.

Así, el cultivo de la sandía es susceptible de padecer una larga lista de enfermedades bacterianas, fúngicas y víricas, cuyo conocimiento nos puede ayudar a preverlas, controlarlas y erradicarlas con un coste menor al que supondría una actuación tardía o equivocada frente alguno de estos problemas. No todas las enfermedades que vamos a mencionar son actualmente importantes en la zona de cultivo invernadero del litoral almeriense, bien porque no están presentes en nuestra zona, bien porque no suelen coincidir las condiciones

ambientales adecuadas para el desarrollo del patógeno con las condiciones climáticas que se dan en las fechas típicas de cultivo de la sandía, o sencillamente porque no están los vectores responsables de su transmisión. Sin embargo, el alto riesgo de que sucedan los que mencionamos, hace conveniente conocer su existencia.

2. Principales enfermedades bacterianas de la sandía

Las principales enfermedades bacterianas que nos podemos encontrar en el cultivo de la sandía son las producidas por:

- *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, responsable de manchas húmedas aceitosas en hojas, tallo y fruto, con poca o nula importancia en la zona.
- *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae*, igualmente responsable de manchas húmedas en las hojas, tallo y frutos, pero que está ausente en nuestra zona y además carece de importancia en sandía a nivel mundial.
- *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), responsable de la aparición de manchas blandas, húmedas y acuosas, que evolucionan en una pudrición acompañada de mal olor. En principio es una enfermedad con una baja incidencia en este cultivo en nuestras condiciones de cultivo.
- *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* responsable de manchas aceitosas en las hojas sobre todo a nivel de semillero y de pudrición del fruto. Actualmente está ausente en el territorio nacional pero se considera de alto riesgo de entrada por su transmisión por semilla y de importancia por sus efectos en el cultivo de sandía.

Otra enfermedad bacteriana sería la producida por *Erwinia tracheiphila* responsable del marchitamiento bacteriano de las cucurbitáceas y de improbable entrada en nuestra zona, por el momento, dado que actualmente está ausente en el territorio nacional el coleóptero responsable de su transmisión.

2.1. *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans*, responsable de la mancha angular de las cucurbitáceas, se detecta principalmente en pepino en Almería, si bien también puede afectar a melón, sandía y calabacín. En pepino produce, en

hojas, manchas inicialmente pequeñas, redondeadas e irregulares, que conforme crecen adquieren un aspecto angular (Figura 1). En condiciones de humedad relativa alta producen, en el envés de la hoja, unas gotas de exudado con aspecto de lágrimas. Estas manchas también aparecen en tallos (Figura 2) y frutos, donde puede darse una infección sistémica responsable de la contaminación de las semillas. De hecho las semillas son la principal forma de transmisión de la enfermedad. En la sandía también se pueden producir manchas foliares semejantes a las del pepino pero estas suelen ser inicialmente más pequeñas, más oscuras, acompañadas de un halo amarillo. En el caso del fruto también pueden aparecer manchas pequeñas y oscuras que rara vez profundizan. En nuestra zona estas infecciones y síntomas no suelen observarse o alcanzar importancia en sandía, puede que por tratarse de un patógeno propio de condiciones más frías, con un óptimo de temperatura en torno a los 24 °C, y de mayor humedad, del orden del 95 %, que las que se dan en las fechas del cultivo de sandía en nuestra zona.

P. syringae pv. *lachrymans* es transmisible por semilla, fuente primaria de infección. Otras fuentes o reservorios de la bacteria son los restos vegetales contaminados, en los que la bacteria se puede mantener durante meses e incluso años. Igualmente otros hospedadores no susceptibles, pueden ser fuente o reservorio de estos microorganismos, manteniéndolos en la superficie de sus hojas. La contaminación se puede producir durante el manipulado de las plantas, con las manos o herramientas, el salpicado del agua, contacto entre plantas y por transporte del aire de restos contaminados.

Figura 1. Manchas poligonales producidas por *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* en pepino

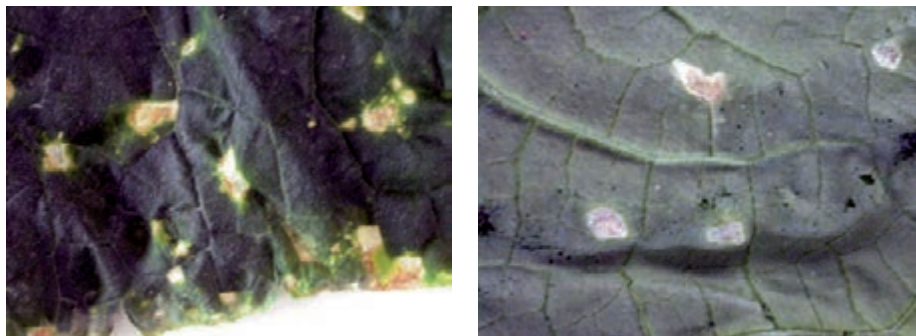
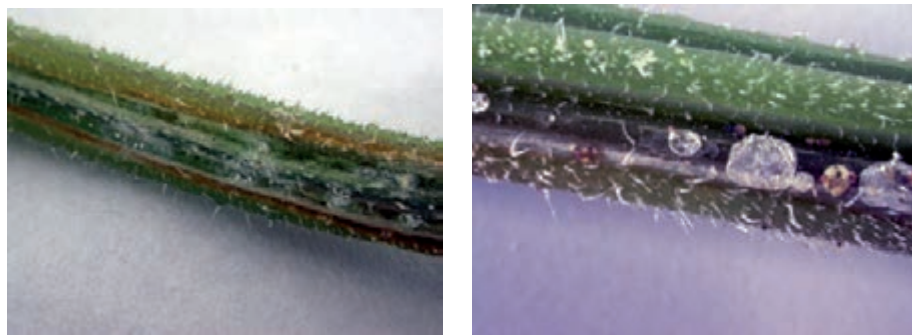


Figura 2. Estría necrótica y gotas de exudado secas en tallo de pepino producida por *P. syringae* pv. *lachrymans*



2.2. *Xanthomonas cucurbitae*

X. cucurbitae, anteriormente conocida como *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* afecta principalmente a calabaza, en la que se manifiesta a nivel foliar por manchas semejantes, aunque de menor tamaño, a las de *P. s. lachrymans*. Su principal efecto se produce sobre los frutos de este cultivo donde dan lugar a podredumbres muy perjudiciales durante su almacenamiento. La sandía está citada como hospedador susceptible pero con síntomas leves, considerando que la enfermedad carece de importancia para este cultivo, salvo en ambientes tropicales en los que además de los síntomas foliares descritos también pueden presentar pequeñas lesiones en fruto. Descrito esporádicamente en España, en nuestra zona no ha sido observada hasta el momento, probablemente por la ausencia de su principal hospedador así como por la falta de las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.

2.3. *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*

Acidovorax avenae subsp. *citrulli* está descrita como organismo patógeno de cucurbitáceas, fundamentalmente de sandía, en la que causa la «Mancha bacteriana del fruto». Identificada por primera vez en EEUU en 1989, este patógeno puede causar pérdidas significativas según el estado de desarrollo en que se infecta el cultivo. Su transmisión por semilla y su capacidad de actuar sobre las plántulas hace que sea de gran interés en semilleros, en los cuales la bacteria encuentra un medio excelente para su propagación, altas temperatu-

ras y humedad, los cuales favorecen la dispersión del patógeno a otras plantas por las gotas del riego por aspersión.

En los trasplantes de plántulas se observan como síntomas característicos áreas húmedas, aceitosas y negruzcas en los cotiledones y las primeras hojas de las plántulas (Figura 3), las cuales avanzan a menudo paralelas a las venas, en ocasiones con un ligero halo amarillo. Estas manchas son claramente visibles en el envés de las hojas (Figura 4). Estas infecciones tempranas pueden llevar a la muerte de algunas de las plántulas. Sin embargo, el resto de las plántulas podrán retener la infección bacteriana y no exhibir síntomas hasta la producción del fruto. Los tallos, peciolo y raíces no se ven infectadas y no muestran síntomas. Llegado el desarrollo del fruto, la bacteria puede extenderse y producir una mancha verde oscura en la superficie superior del fruto, la cual se puede expandir rápidamente si las condiciones ambientales le son favorables y llevar a la pudrición del mismo ayudada de la contaminación secundaria bacteriana.

Figura 3. Manchas aceitosas en cotiledones de sandía producidas por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*



Figura 4. Manchas aceitosas en el envés de los cotiledones de sandía producidas por *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*



Las formas de transmisión y contaminación de esta bacteria son similares a las indicadas en los casos anteriores. Por otro lado, esta bacteria podría incluirse dentro de los organismos nocivos de cuarentena dado que su presencia se desconoce en el terreno nacional y por lo tanto, sobre el que hay que ejercer una extrema vigilancia.

2.4. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

P. carotovorum subsp. *carotovorum*, denominada hasta hace poco como *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, afecta a un sinnúmero de cultivos hortícolas y ornamentales, y entre ellos a la sandía. Su principal importancia reside, en muchos de los cultivos, en los daños que puede producir en los frutos en postcosecha, si bien su acción se ejerce en todas las etapas del cultivo, y tanto sobre hojas como en tallos y frutos. Su principal síntoma es el desarrollo de una pudrición blanda, acuosa, de los tejidos, los cuales pueden llegar a disgregarse completamente, acompañada de un penetrante mal olor.

Es una bacteria ubicua, es decir, está en todas partes, y posee una amplia gama de hospedadores. La transmisión se produce, al igual que en otros casos de patologías bacterianas, por la salpicadura de las gotas de agua procedentes

del techo del invernadero, por el contacto entre plantas o por el manipulado de las mismas. El exudado que se produce durante la pudrición de los tejidos está cargado de bacterias, de forma que aquellos tejidos que se manchan con el mismo son rápidamente contaminados. Para que se de la infección de la bacteria hace falta de la presencia de tejidos dañados, heridas o cortes, que sirvan de vía de entrada, además de unas condiciones ambientales en las que coincidan una humedad relativa ambiental muy elevada y unas temperaturas de moderadas a elevadas.

Dentro de las cucurbitáceas, el calabacín, seguido del pepino, parece ser el hospedador más sensible. También está descrita la enfermedad en sandía, aunque en nuestra zona no tenga mucha importancia, probablemente por la ausencia de coincidencia con las condiciones óptimas climáticas y una menor sensibilidad del cultivo.

3. Principales enfermedades fúngicas de la sandía

Las principales enfermedades fúngicas que nos podemos encontrar en el cultivo de la sandía según diferenciamos enfermedades aéreas, vasculares y radicales son las siguientes:

Enfermedades aéreas

- *Botrytis cinerea*, como responsable de la pudrición gris de hojas, tallos y frutos de numerosos cultivos
- *Pseudoperonospora cubensis* como agente responsable del mildiu de las cucurbitáceas y que produce manchas necróticas en las hojas, tallo y frutos
- *Podosphaera xanthii*, principal agente responsable de la ceniza u oídio de las cucurbitáceas
- *Didymella bryoniae* responsable de los chancros de los tallos de las cucurbitáceas y de la pudrición negra de sus frutos.

Enfermedades vasculares

- *Fusarium oxysporum* f. s. *niveum* agente responsable del marchitamiento vascular de la sandía por afectación de su sistema vascular.

Enfermedades radiculares

- *Pythium spp.* (*P. ultimum*, *P. aphanidermatum*) género que incluye varias especies responsables de importantes patologías radiculares que afectan de forma genérica a numerosos cultivos, sobre todo en el estadio de pre y postgerminación.
- *Phytophthora spp.* (*P. capsici*) género que incluye varias especies responsables de importantes daños a nivel de cuello y también del fruto, que afectan de forma genérica a numerosos cultivos
- *Rhizoctonia solani* como especie también polífaga que afecta al sistema radicular de las plantas de interés.
- *Olpidium spp.* (*Olpidium bornavanus*, *Olpidium brassicae*) género que incluye varias especies capaces de infectar el sistema radicular de varios cultivos, cucurbitáceas entre ellas, si bien su principal importancia reside en su papel como transmisores de virus.

3.1. Enfermedades aéreas

3.1.1. Botrytis cinerea

Botrytis cinerea es, dentro de los hongos de actuación aérea, uno de los más importantes en los cultivos hortícolas, dada su naturaleza polífaga (ataca a un vasto número de especies vegetales), su velocidad de proliferación y dispersión, su dificultad de control (se desarrollan fácilmente cepas resistentes a la mayoría de los productos que permiten su control) y sus drásticos efectos. Puede afectar a cualquier órgano de la planta, sobre todo si está debilitado o dañado, produciendo su pudrición. En plántulas en semillero produce podredumbres en el cuello y tallo y provoca la marchitez y caída de las plántulas mientras que en planta adulta puede atacar tallos, hojas y frutos. En tallo el hongo se desarrolla sobre lesiones donde produce podredumbres que pueden llevar al marchitamiento de la parte del tallo que hay por encima de él. En hojas y flores produce lesiones pardas generalmente amplias, mientras que en frutos produce manchas o pudriciones más o menos blandas. Este hongo suele ser fácilmente identificable por el desarrollo de su típico micelio gris sobre los órganos afectados (Figura 5).

Figura 5. *Botrytis cinerea* en hoja de calabacín



Las condiciones adecuadas para su desarrollo, en las condiciones climáticas del litoral de Almería, son las propias del final de otoño-principio de invierno, temperaturas entre 17 y 24 °C y humedad relativa superior al 95 %. La presencia de heridas, y sobre todo de agua libre sobre la superficie de las distintas estructuras de la planta, son algunos de los principales factores de riesgo para el desarrollo de esta enfermedad en presencia del patógeno. Estas circunstancias se presentan principalmente en las fechas de cultivo del pepino y el calabacín, especies en principio más sensibles al desarrollo de este hongo.

3.1.2. *Pseudoperonospora cubensis*

Pseudoperonospora cubensis es el agente causal del mildiu de las cucurbitáceas. En el invernadero su efecto se manifiesta principalmente sobre melón y pepino. En sandía, aunque menos frecuente, también se pueden desarrollar manchas semejantes a las del pepino, en general más pequeñas y oscuras y muchas veces más al borde de la hoja (Figura 6). En pepino los síntomas se inician, generalmente ya en planta adulta, con manchas amarillo claro en el haz y aspecto aceitoso en el envés, normalmente con un claro aspecto poligonal al aparecer las manchas con una limitación internervial (Figura 7). En el envés de la hoja se observa el afieltrado gris violáceo del hongo (Figura 8). En ningún caso se ha visto que aparezcan síntomas sobre el fruto.

Figura 6. *Pseudoperonospora cubensis* en hoja de sandía



Figura 7. *Pseudoperonospora cubensis* en hoja de calabacín (a) y pepino (b)

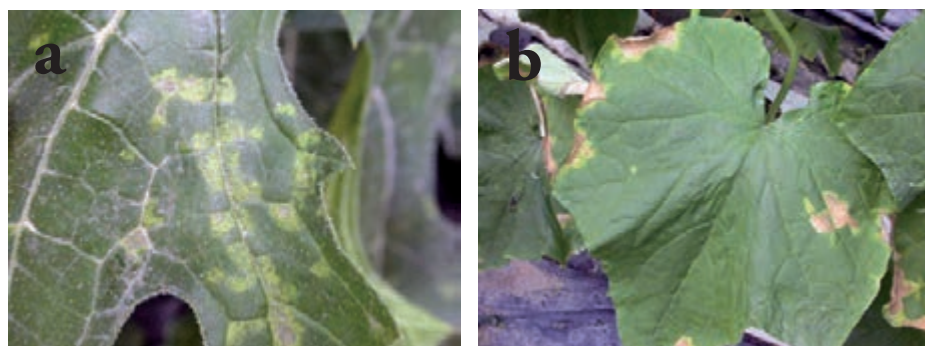


Figura 8. Afieltrado gris producido por *Pseudoperonospora cubensis* en el envés de la hoja de sandía



3.1.3. *Podosphaera xanthii*

El «oidio» o «ceniza» es otra de las patologías que hay que considerar dentro de las enfermedades aéreas que pueden afectar a la sandía. De hecho la ceniza es uno de los principales problemas del cultivo de las cucurbitáceas en nuestra zona. Su agente causal en nuestra área es, principalmente, *Podosphaera xanthii* (*Sphaeroteca fuliginea*) si bien también está descrito como agente causal de esta patología el hongo *Erysiphe cichoracearum*, el cual se considera importante en sandía. Esta enfermedad, extendida a nivel mundial, produce en cualquier estado del desarrollo de la planta, manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas, peciolo y tallos, las cuales van extendiéndose hasta producir una clorosis generalizada y secar hojas, tallos y la planta completa (Figura 9). La dispersión de los mismos se produce por el aire. El desarrollo no parece condicionado por la presencia de una humedad relativa alta y tampoco muy condicionado por la temperatura, con un óptimo en torno a los 26 °C, y limitado por encima de los 32 °C o debajo de los 3 °C.

Figura 9. Manchas pulverulentas producidas por *Podosphaera xanthii* en hojas de melón (a) y pepino (b)



Fuente: imagen de melón cedida por Elena García (Syngenta).

3.1.4. *Didymella bryoniae*

Didymella bryoniae (anteriormente conocida como *Mycosphaerella melonis*, entre otros nombres), responsable del chancro gomoso del tallo de las cucurbitáceas, es otro de los hongos que pueden afectar a sandía. Los daños producidos por este patógeno se pueden iniciar en el semillero, donde se manifiestan en los cotiledones manchas circulares que progresan hasta el tallo donde se originan lesiones inicialmente húmedas (Figura 10) que acaban por secar la planta. En plantas adultas la enfermedad se manifiesta por lesiones en el tallo, generalmente a nivel del cuello, inicialmente húmedas que conforme avanzan se recubren de puntos negros y oscuros correspondientes a los picnidios y peritecios del hongo (Figura 11), así como también frecuentemente se producen exudados gomosos negruzcos en estas lesiones (Figura 12). A nivel foliar en sandía produce lesiones delimitadas, de color oscuro, con un ligero halo clorótico, a diferencia de las lesiones en pepino en el que se afectan grandes áreas de la hoja.

Figura 10. *Didymella bryoniae* en plántula de sandía



Figura 11. Picnidios y peritecas de *Didymella bryoniae* en tallo de pepino



Figura 12. Exudado gomoso por *Didymella bryoniae* en sandía



3.2. Enfermedades vasculares

3.2.1. *Fusarium oxysporum* f. s. *niveum*

Fusarium oxysporum es una especie fúngica que incluye diferentes formas especializadas patógenas de diversos cultivos hortícolas, y en concreto la forma *F.oxysporum* f.sp. *niveum* que infecta a sandía. Producen de forma genérica una infección vascular con obturación de los vasos que se manifiesta por amarillamiento (Figura 13) y marchitez de la planta, acompañada de pardeamiento vascular (Figura 14), con la presencia de chancros o estrías necróticas laterales (Figura 15) en las que al final emerge el micelio del hongo con un aspecto aterciopelado rosa debido a las esporas del hongo (Figura 16). *F. oxysporum* f.sp. *niveum* llegó a tener una incidencia tan elevada en los invernaderos de Almería que se convirtió en un patógeno limitante del cultivo de sandía. El empleo del injerto con portainjertos resistentes a este patógeno ha permitido la continuidad del cultivo.

La sandía afectada por *F. oxysporum* f.sp. *niveum* muestra flacidez y necrosis de las hojas, distribuida inicialmente en la planta de forma unilateral y posteriormente generalizada, acompañada de un retraso del desarrollo y pardeamiento de los tejidos vasculares.

Este hongo persiste largo tiempo en el suelo. Puede transmitirse en las semillas, con una baja pero significativa tasa de transmisión, siendo una de las fuentes primarias de inóculo. Así, las plantas se pueden ver afectadas en los distintos estados de desarrollo, antes de emerger, como plántula en el semillero, o como planta adulta. Sin embargo, lo más frecuente es que la enfermedad avance progresivamente y se haga más patente en el momento de la fructificación.

Figura 13. Clorosis foliar producido por *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* en melón



Figura 14. Pardeamiento de los haces vasculares producido por *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* en pepino



Figura 15. Estrías necróticas en tallo de melón producidas por *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* en melón



Figura 16. Micelio rosado producido por *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* en melón



3.3. Enfermedades radiculares

3.3.1. *Pythium* spp.

El género *Pythium* incluye numerosas especies algunas de las cuales son muy polífagas (*P. ultimum*, *P. debaryanum*, *P. aphanidermatum*) ya que afectan a numerosos cultivos hortícolas. Entre los que se pueden señalar pimiento, berenjena, tomate, judía, remolacha, lechuga, pepino, melón y sandía entre otros.

De forma genérica producen falta de germinación, marras de nascencia y caída de plántulas, caracterizada por la presencia de estrangulamientos y podredumbres de cuello y raíces, con pardeamientos claros, acompañadas de una rápida marchitez de la plántula. En general, las plantas se hacen más resistentes a partir del desarrollo de las primeras hojas verdaderas, si bien pueden acabar muriendo si ya están afectadas. Se han observado ataques a plantas en un estadio de desarrollo posterior, tras el trasplante, en el que producen una podredumbre basal blanda del cuello, sobre todo en pepino. Este oomiceto, capaz de sobrevivir saprofiticamente en el suelo o el agua, se caracteriza entre otras cosas por formar zoosporas capaces de dispersarse nadando por el agua. La entrada de este patógeno en las explotaciones se produce, normalmente, a través de plantas enfermas, sustratos y agua contaminada.

3.3.2. *Phytophthora* spp. (*P. capsici*)

El género *Phytophthora*, es otro oomiceto que pertenece, al igual que *Pythium*, a la Familia *Pythiaceae* e incluye numerosas especies patógenas, con una gran diversidad en su forma de actuación, y que afectan a una amplia gama de hospedadores, pudiendo actuar en podredumbres de raíces o cuello en plantas en período de crecimiento o producción y en podredumbres del fruto. *P. capsici*, en concreto, ha sido descrita en sandía. No es una enfermedad muy frecuente en este cultivo si bien se puede ver ocasionalmente afectando a cuello, hojas y fruto.

3.3.3. *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani, hongo igualmente polífago, con un amplio rango de plantas hospedadoras (melón, pepino, sandía, tomate, pimiento, judía, lechuga, etc.) es responsable también de marras de nascencia y caída de plántulas, además de provocar podredumbres con chancros pardos en el cuello, y daños

en tallo, raíz e incluso en frutos. Este hongo vive en el suelo como saprófito y sus estructuras de resistencia le permiten sobrevivir en los restos de cosecha. Su entrada en los suelos cultivados se da principalmente a través de sustratos o plantas contaminadas procedentes de semilleros, o también de restos vegetales contaminados. De forma general se puede decir que los tejidos juveniles son más sensibles al hongo que los de la planta adulta, aunque su acción se pueda seguir manifestando posteriormente, sobre todo en plantas afectadas en su etapa inicial de desarrollo.

3.3.4. *Olpidium bornavanus*

Olpidium bornavanus es un hongo que se transmite con mucha facilidad por agua, donde se mueve y dispersa a través de las zoosporas que produce. Parásito obligado, infecta las raíces de sus hospedadores donde se reproduce a través de la formación de esporangios que forman dichas zoosporas y unos quistes de resistencia gracias a los cuales permanecen en el suelo durante años. Son estos quistes los que confieren al hongo su elevada resistencia a los tratamientos físicos (temperatura) y químicos (diferentes fungicidas) y por lo tanto su difícil control. La principal importancia de este hongo es su participación como transmisor del virus *MNSV* en cucurbitáceas, incluida la sandía.

4. Principales enfermedades víricas de la sandía

Las principales enfermedades víricas que nos podemos encontrar en el cultivo de la sandía según la forma de transmisión de los virus serían:

1. Virus transmitidos por contacto:
 - Virus del mosaico moteado verde del pepino, CGMMV.
2. Virus transmitidos por mosca blanca:
 - Virus de las venas amarillas del pepino, CVYV.
 - Virus del amarilleo del pepino, CYSDV.
3. Virus transmitidos por pulgones:
 - Virus del mosaico del pepino, CMV.
 - Virus del mosaico de la sandía, WMV.

- Virus del mosaico amarillo del calabacín, ZYMV.
 - Virus de las manchas anulares de la papaya, PRSV.
 - Virus del amarilleo de cucurbitáceas transmitido por pulgones, CABYV.
4. Virus transmitidos por semilla, coleópteros y también por contacto:
 - Virus del mosaico de la calabaza, SqMV.
 5. Virus transmitidos por hongos del suelo:
 - Virus del cribado del melón, MNSV.

4.1. Virus transmitidos por contacto

4.1.1. Virus del mosaico moteado verde del pepino (CGMMV, *Cucumber Green Mottle Mosaic Virus*)

El virus del mosaico moteado verde del pepino, CGMMV, pertenece al género *Tobamovirus*, dentro del cual se incluyen otros virus conocidos como el ToMV, el PMMV y el TMGMV de solanáceas, todos ellos caracterizados por su forma de transmisión por contacto, y su elevada estabilidad, muy resistentes a factores físicos y químicos, de forma que pueden permanecer infectivos durante mucho tiempo en un terreno infectado, incluso durante años.

Tiene como hospedadores a diferentes cucurbitáceas, principalmente pepino, melón, sandía y calabacín (Figura 17). Existen diferentes razas del mismo y la sensibilidad de los cultivos varía según la raza de la que se trate. Actualmente los casos que se dan en nuestra zona afectan principalmente a pepino, en donde este virus produce un moteado brillante suave en las hojas jóvenes acompañadas normalmente de la aparición de manchas con forma de estrella confundibles con una fitotoxicidad y una constricción de los nervios que origina un abullonado de la hoja. Menos marcados en las hojas totalmente expandidas, la infección viral también se puede manifestar en los frutos de pepino con moteados, abullonados y deformaciones severas. En sandía aparece un mosaico foliar suave (Figura 18), que pasa fácilmente desapercibido en muchos casos. Las manchas en estrella (Figura 19) son apenas visibles, así como a veces aparece un ligero arrugado foliar, menos definido en hojas expandidas. El fruto, cuando la infección se produce durante el cuajado, pue-

de mostrar descomposición y decoloración interna (Figura 20) sin síntomas externos aparentes. También se puede observar una cierta reducción del crecimiento (Figura 21).

Figura 17. Síntomas de CGMMV en calabacín



Figura 18. Mosaico foliar suave en sandía producido por CGMMV



Figura 19. Manchas en estrella en hojas de sandía producido por CGMMV



Figura 20. Necrosis interna del fruto de sandía producido por CGMMV



Fuente: imagen cedida por F. Sola (Dpto. Técnico Nature Choice).

Figura 21. Reducción del desarrollo producido por CGMMV



Fuente: imagen cedida por F. Sola (Dpto. Técnico Nature Choice).

La transmisión del virus se produce por contacto: por el roce entre las plantas así como por la manipulación que se ejerce sobre ellas. También se conoce su transmisión por semilla establecida en un 5 % en el caso de sandía y un 8 % en el caso del pepino, por lo que se pueden considerar fuentes primarias de infección. Pueden ser también fuente de infección el suelo o el agua de riego contaminados, sobre todo en sistemas de cultivo en hidropónico y en los que incluyen recirculación del agua. Igualmente pueden actuar como reservorios o fuentes de infección las estructuras, herramientas, personal, etc. contaminadas, o la presencia en el entorno de restos vegetales infectados, donde estos virus pueden permanecer hasta varios años, según las condiciones ambientales. La presencia en el entorno del invernadero de hospedadores silvestres que puedan servir de reservorio para alguno de estos virus servirá como fuente del mismo.

4.2. Virus transmitidos por mosca blanca

4.2.1. Virus del amarilleo y enanismo del pepino (CYSDV, Cucurbit yellow stunting virus)

El virus del amarilleo y enanismo de las cucurbitáceas (CYSDV) es un crinivirus descrito por primera vez en 1982 en los Emiratos Árabes Unidos,

y actualmente distribuido por la cuenca mediterránea y también el sureste de EEUU y Méjico. Descrito en Almería en 1991, produce fundamentalmente un amarillo o clorosis internervial de las hojas bajas y medias de los cultivos de pepino y melón (Figura 22), sin mostrar síntomas en fruto o desarrollo vegetal, aunque está por valorar su influencia en la pérdida de producción. En el caso de la sandía, hasta el momento no se ha observado una clara sintomatología en nuestra área, si bien sí se ha señalado alguna sintomatología en el sureste de EEUU y Méjico, donde señalan la aparición de falta de desarrollo, deformación de hoja, clorosis internervial o cierto amarilleo, al igual que lo observado en los otros cultivos de cucurbitáceas.

Figura 22. Amarilleo producido por CYSDV en pepino (a) y melón (b)



La transmisión del virus se produce exclusivamente a través de la mosca blanca *Bemisia tabaci* de forma semipersistente. Las moscas requieren un tiempo prolongado de alimentación en una planta infectada para poder adquirir el virus, óptimo en este virus en el entorno de 48 horas. Tras un periodo de latencia las moscas son entonces capaces de transmitir el virus durante unos 9 días. La eficacia de la transmisión es muy baja requiriendo una densidad del vector bastante elevada para asegurar la transmisión del virus.

Se trata de un virus muy inestable fuera de sus hospedadores naturales, no transmisible por semilla, por lo que los principales reservorios del virus son plantas hospedadoras del mismo. Y estas son, básicamente, las cucurbitáceas (melón, sandía, pepino, calabaza y calabacín) y otros cultivos como alfalfa (*Medicago sativa*), lechuga (*Lactuca sativa*) y judía (*Phaseolus vulgaris*).

4.2.2. Virus de las venas amarillas del pepino (CVYV, *Cucumber vein yellowing virus*)

El virus de las venas amarillas del pepino (CVYV) aparece en pepino en el sureste español en otoño del 2000, en sandía en primavera del 2001, causando en algunos casos daños muy graves en fruto, y en melón también en el 2001, dando lugar a una muerte súbita de la planta. Está distribuido principalmente en el área mediterránea, con un rango de hospedadores naturales limitado sobre todo a cucurbitáceas cultivadas y silvestres, como es el caso del pepino, melón, sandía, calabacín, *C. moschata*, *C. foetidissima*, *C. colocynthis*, *Ecballium elaterium* y *Lagenaria siceraria*. También se ha demostrado la infección en algunos miembros de otras familias, tales como *Nicotiana benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. tabacum*, *Datura stramonium*, *Sonchus oleraceus*, *S. asier*, *S. tenerrimus*, *Malva parviflora* y *Convolvulus arvensis*.

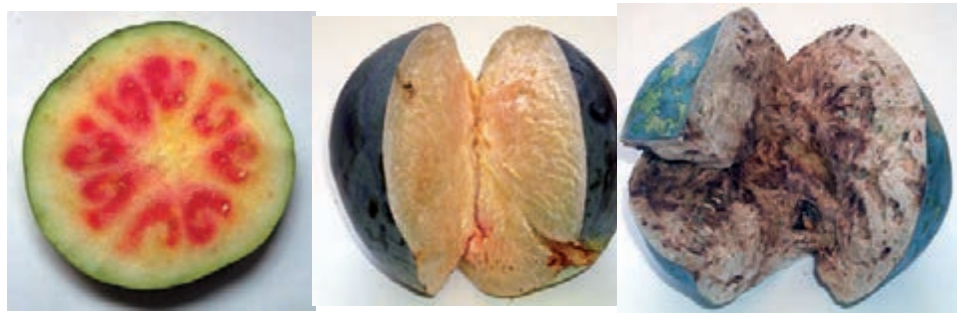
La sintomatología más típica de este virus en sandía consiste en una clorosis foliar desde muy suave hasta asintomática, acompañada de un aclareo de las venas en hojas de la zona apical más suave que el mostrado en pepino y melón (Figura 23). Los daños que produce en fruto son graves ya que induce una fuerte necrosis interna, acompañada en muchos casos con rajado de frutos (Figura 24).

Figura 23. Amarilleo de las venas de las hojas de pepino (a) y melón (b)



Fuente: imagen cedida por E. García (Syngenta).

Figura 24. Necrosis y rajado del fruto de la sandía



Fuente: imágenes cedidas por D. Janssen (IFAPA).

Se transmite al igual que el CYSDV, por la mosca blanca *Bemisia tabaci* de forma semipersistente. En este sistema la mosca necesita mínimo 30 minutos como periodo de adquisición del virus, un periodo de latencia de aproximadamente 75 minutos, y muestra un tiempo de retención del virus de unas 6 horas. Para transmitirlo, la mosca virulífera necesita mínimo 15 minutos de alimentación en la planta sana. Además, la efectividad de la transmisión también es baja, motivo por el que es conveniente la presencia de unos 15 a 20 insectos por planta como mínimo para producir la infección. Al igual que el anterior, es un virus que no se transmite por semilla. Las plantas hospedadoras mencionadas anteriormente pueden servir como fuente primaria de infección y reservorio del virus en ausencia del cultivo susceptible.

4.3. Virus transmitidos por pulgones

4.3.1. Potivirus y Cucumovirus

Dentro de los virus más comunes que nos podemos encontrar en el cultivo de la sandía que se transmiten por pulgones están los que pertenecen al Género *Potyvirus*, Familia *Potyviridae*, y que incluyen:

- Virus del mosaico amarillo del calabacín, ZYMV, *Zucchini Mosaic Virus*.
- Virus de las manchas anulares de la papaya, PRSV. *Papaya ring spot virus*.
- Virus del mosaico de sandía, WMV *Watermelon mosaic virus*.

También se incluye un virus perteneciente al género *Cucumovirus*

- Virus del mosaico del pepino, CMV, *Cucumber mosaic virus*

Los síntomas producidos por estos virus consisten principalmente en deformaciones foliares y del fruto. El ZYMV produce deformación y mosaico marcado (Figura 25). El PRSV conlleva una deformación grave de las hojas, un mosaico en bandas de color verde oscuro, casi perinervial, que se muestra en los frutos como anillos concéntricos (Figura 26). El WMV conlleva en hojas jóvenes mosaicos difusos, decoloraciones perinerviales y reducción del limbo y malformaciones, así como frutos con malformaciones, distorsiones y cambio de color. El CMV produce deformaciones, abullonaduras, mosaico foliar y deformación del fruto (Figura 27)

Figura 25. Deformación foliar en calabacín producida por ZYMV



Figura 26. Anillos concéntricos producidos en sandía por PRSV



Figura 27. Abullonaduras y deformación foliar en melón producida por CMV



Respecto a los hospedadores naturales de estos virus, el PRSV y el ZYMV tienen una gama restringida de estos, mientras que el WMV tiene una gama más amplia y el CMV tiene un rango muy extenso de hospedadores. Todos están distribuidos a nivel mundial y todos presentan diferentes cepas, en el caso del CMV muy numerosas.

La transmisión se da fundamentalmente por áfidos en forma no persistente. Así, los tiempos de adquisición del virus se reducen a succiones breves. El periodo de latencia es corto o inexistente y la transmisión requiere un tiempo

de alimentación corto, basta una picadura de cata. Los pulgones permanecen virulíferos algunas horas. La transmisión por semilla no está comprobada ni en PRSV ni en WMV2. En el caso del ZYMV se ha visto solo en calabacín y con una frecuencia muy baja y el CMV solo se ha visto transmitido por semilla en algunas leguminosas y cucurbitáceas.

4.3.2. Virus del amarilleo de las cucurbitáceas transmitido por pulgones (CABYV, *Cucurbit aphid-borne yellows virus*)

El virus del amarilleo de las cucurbitáceas transmitido por pulgones fue descrito por primera vez en 1992 en Francia y en 2003 en Murcia. Ha sido señalado en diferentes países de la cuenca mediterránea, Asia, África, Sudamérica y EEUU. Presenta un rango restringido de hospedadores naturales, limitado principalmente a cucurbitáceas tales como pepino, melón, sandía y calabacín, pero también otros cultivos como remolacha y lechuga. Entre las plantas espontáneas que pueden servir como hospedadores de este virus están descritas las especies *Echallium elaterium*, *Bryonia dioica*, *Senecio vulgaris*, *Papaver rhoeas*, *Lamium amplexicaule*. Se transmite principalmente por pulgones de las especies *Aphis gossypii* y *Mizus persicae*.

Los síntomas que produce en sandía son amarilleo en hojas basales con mosaicos ligeros. Si las infecciones son tempranas se produce una clorosis general y escaso desarrollo. Puede ir acompañada de deformación de los bordes de la hoja y manchas necróticas en hoja vieja. Además puede haber una falta de cuajado floral y escaso desarrollo.

4.4. Virus transmitidos por coleópteros y semilla: SqMV (*Virus del mosaico de la calabaza*)

El virus del mosaico de la calabaza (SqMV, *Squash mosaic virus*) es un virus no presente de forma común en nuestra zona pero de alto riesgo por ser transmisible por semilla y estar descrito a nivel mundial. Existen descritas varias razas, según las cuales varía la sintomatología que produce en los diferentes hospedadores, los cuales son de forma restringida las cucurbitáceas cultivadas de interés: pepino, melón y sandía.

La sintomatología observada en sandía se manifiesta como un moteado verde oscuro en la región nervial y perinervial. También pueden aparecer manchas cloróticas o necrosis y enanismos.

4.5. *Virus transmitidos por vectores del suelo: MNSV (Virus del cribado o del moteado necrótico del melón)*

El virus del cribado del melón (MNSV, *melon necrotic spot virus*) fue descrito en Almería en 1984, llegando a ser en la década de los 90 un factor limitante del cultivo del melón. El control del mismo solo se consiguió realmente gracias al desarrollo de variedades resistentes de melón, que son las que actualmente se cultivan de forma mayoritaria. Descrito como patógeno de melón, pepino y sandía, no se manifiesta igual en todas las zonas de cultivo, tanto por haber diferentes cepas virales como por climatología.

El cultivo más afectado por este virus es el del melón, en el cual el virus produce un moteado necrótico en hojas, manchas inicialmente pequeñas que pueden caer al necrosar dando un aspecto de «cribado» a la hoja (Figura 28). Otros síntomas en melón son una necrosis de la nervadura de la hoja con un aspecto de «enrejado», sobre todo en hojas viejas. También se pueden observar estrías necróticas en tallo, peciolos y pedúnculos, así como necrosis en la zona del hipocótilo (Figura 29). El avance de la virosis puede llevar a un colapso de la planta, sobre todo durante el engorde del fruto. En Almería es frecuente que solo se observe el síntoma del hipocótilo. El fruto no suele mostrar síntomas pero también puede aparecer acorchado y moteado de la corteza y moteado de la pulpa.

En la sandía la enfermedad es similar en algunos aspectos a la sufrida por el melón, sobre todo por el marchitamiento y muerte de las plantas poco antes o durante la recolección. Este colapso puede ir acompañado ocasionalmente con una clorosis previa de las hojas viejas, y ocasionalmente también con necrosis del hipocótilo. También puede presentar un moteado necrótico de la hoja. El fruto puede presentar placas necróticas y necrosis internas, visibles bajo la corteza (Figura 30) además de una decoloración del fruto.

La transmisión del virus se produce a través del hongo *Olpidium bornavanus*, anteriormente conocido como *Olpidium radicale*, vía por la que el virus unido al hongo puede permanecer en suelo seco durante mucho tiempo. También se transmite por semilla, forma en la que se puede transferir de unas zonas a otras, si bien se considera que el tratamiento de temperatura habitualmente aplicado a las mismas sirve como método de desinfección. Dentro del cultivo también se considera la posibilidad de dispersión del virus entre plantas a través del manipulado de las plantas durante las operaciones de poda, pues es un virus que se transmite bastante bien mecánicamente de forma artificial.

Figura 28. Manchas necróticas en hoja de melón producidas por MNSV



Figura 29. Necrosis del hipocótilo en melón producida por MNSV



Figura 30. Necrosis interna del fruto de sandía producida por MNSV



5. Control de las enfermedades

El objetivo de conocer e identificar correctamente las distintas enfermedades que pueden afectar a la sandía reside en el poder prevenirlas y controlarlas de forma rápida y efectiva, antes de que se dé una entrada y dispersión generalizada de las mismas. Para ello existen diferentes medidas que se pueden aplicar según cada situación, además de medidas que son útiles para todas ellas.

5.1. Control de enfermedades transmitidas por contacto, manipulado o suelo

En el caso de los virus u hongos que se pueden transmitir por contacto o mediante las operaciones de manipulado, o a través del suelo, como son los virus CGMMV, MNSV y *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, las medidas principales de control a establecer serían:

- Emplear semillas comerciales controladas y tratadas.
- Verificar el estado sanitario de las plántulas antes de su trasplante.
- La manipulación que se realiza en un cultivo de sandía suele ser escasa, pero aún así se debe considerar el trabajar avanzando por líneas y manteniendo siempre el mismo sentido de trabajo, además de desinfectar aperos y guantes, al menos entre líneas o zonas.
- No intercambiar personal entre distintos invernaderos, o de hacerlo desinfectar herramientas, guantes, zapatos, etc. entre ellos.

- Controlar las malas hierbas y la presencia de restos vegetales dentro y en el entorno del invernadero
- Eliminar las primeras plantas enfermas, ya que serán un foco de infección para el resto del invernadero. Se deben retirar de forma controlada al final de la jornada, convenientemente embolsadas, sin tocar nada del invernadero para evitar nuevas contaminaciones, y sin abandonarlas sin control en el entorno.
- Se recomienda eliminar de igual manera las plantas en contacto con la planta infectada, o al menos marcar una zona de cuarentena alrededor de la misma, de manera que se trabaje en ella lo menos posible y de hacerlo, que sea al final de la jornada. En el caso de los virus de contacto y de las enfermedades fúngicas vasculares, cuando una planta manifiesta los síntomas de la infección suele llevar infectada varias semanas, por lo que puede haber actuado como fuente de contaminación sobre todo para las plantas más próximas a ella. El grado de dispersión del virus se puede determinar mediante el análisis de laboratorio de un muestreo de varias plantas de distintas zonas del invernadero, y con ello poder establecer las mejores medidas a adoptar.
- En el caso del *MNSV* su control durante el cultivo pasa además por el control de su vector, *Olpidium bornavanus*. Aparte del control del estado sanitario del agua, existen referencias que señalan la utilización de compuestos químicos en las soluciones nutritivas con el fin de actuar contra las zoosporas del hongo. Igualmente, los tratamientos para evitar la dispersión de *Fusarium oxysporum* se emplean de forma rutinaria cuando este aparece. Hay que tener presente que cualquiera de estos tratamientos actuará sobre los hongos que están en el suelo o el agua, y por tanto reduciendo el inóculo, pero no curando las plantas ya infectadas.

Finalmente, una vez se ha producido la entrada del CGMMV o del MNSV o de *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* en un invernadero se deben realizar varias acciones para intentar eliminar el patógeno entre campañas, o al menos reducir el inóculo de una campaña a otra. Para ello sería recomendable:

- Limpiar bien los invernaderos entre campañas eliminando todos los restos vegetales.

- Desinfectar bien las estructuras, componentes y herramientas empleadas en el cultivo.
- Controlar la presencia de hospedadores silvestres en el entorno de los invernaderos.
- Realizar paradas largas del cultivo en verano y solarizar. Esta técnica en el caso de los virus como el CGMMV u hongos como *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* y *Olpidium bornavanus*, vector del MNSV, solo va a permitir reducir el inóculo de una campaña a otra, pero no los va a eliminar totalmente. Por esta razón se deben tener en cuenta otro tipo de medidas adicionales.
- El empleo del injerto puede ser una opción alternativa, que es la que actualmente se emplea más para el control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* y que ha sido empleada para el problema de MNSV en los pepinos en Holanda y que parece que aquí también es efectivo para el control de MNSV en sandía.
- Empleo de variedades resistentes cuando existan, lo que no es el caso actual para CGMMV en sandía, Para el MNSV existen variedades resistentes en melón, que son las que se han venido empleando en los últimos años con gran efectividad, pero no igual en sandía.
- Rotación de cultivo cambiando a cultivos que no pertenezcan a cucurbitáceas, ya que el CGMMV afecta a pepino y melón de forma clara, y ocasionalmente también a calabacín. También es cierto que en nuestra zona parece que la incidencia de este virus de una campaña para otra y en cultivos como la sandía, es variable, no siendo siempre tan agresivo como lo son otros tobamovirus.
- El empleo de tratamientos químicos simultáneos a la solarización, para tratar por ejemplo a *Olpidium*, tales como el tratamiento con cloropicrina o metam sodio, muestra resultados contradictorios o negativos, por lo que no son una buena solución como método único de control.
- En el caso de *Olpidium* además hay que tener en cuenta que se puede transmitir muy bien por el agua y que, por lo tanto, se debe también desinfectar el sistema de riego.

5.2. Control de enfermedades que afectan al sistema radicular

En el caso de enfermedades que afectan al sistema radicular como las producidas por *Pythium* y *Phytophthora* y en las que el patógeno se mantiene a nivel del suelo, las actuaciones deben ir dirigidas a conseguir un buen estado sanitario de dicho medio y del agua de riego también. Para ello se deben adoptar algunas de las medidas descritas en el apartado anterior, sobre todo:

- Verificar el estado sanitario de las plántulas antes de su trasplante.
- No intercambiar personal entre distintos invernaderos.
- Controlar las malas hierbas y la presencia de restos vegetales dentro y en el entorno del invernadero.
- Mantener un buen drenaje del agua del suelo y un buen desarrollo radicular.
- Eliminar de forma controlada las primeras plantas con síntomas que aparezcan, ya que serán un foco de infección para el resto del invernadero.
- El control químico para la dispersión de estas enfermedades suele dar un buen resultado.
- En el caso de *Pythium* y *Phytophthora*, dada la posibilidad de su transmisión por agua, el tratamiento de la misma puede ser recomendable.

Para intentar eliminar el patógeno radicular entre campañas o, al menos, reducir el inóculo de una campaña a otra sería recomendable:

- Limpiar bien los invernaderos entre cultivos, eliminando todos los restos vegetales.
- Controlar la presencia de hospedadores silvestres en el entorno de los invernaderos.
- Realizar paradas largas del cultivo en verano y solarizar que en este caso, aunque tampoco asegura una erradicación total del problema, para la siguiente campaña si da bastantes buenos resultados.
- Desinfectar bien el sistema de riego.

5.3. Control de enfermedades transmitidas por vía aérea

En el caso de enfermedades bacterianas y fúngicas de transmisión aérea se podría recomendar, al igual que en los casos anteriores:

- Emplear semillas sanas, con las mayores garantías fitosanitarias posibles.
- Realizar un seguimiento continuado del estado de las plántulas crecidas en el semillero.
- Tocar las plantas lo menos posible y, de hacerlo, manipularlas cuando no haya humedad o agua condensada en su superficie.
- Desinfectar herramientas y guantes con desinfectantes generales, como pueda ser la lejía, u otros desinfectantes comunes, en el manipulado entre plantas.
- Nunca tocar un tejido contaminado y a continuación una planta sana, al menos sin desinfectar manos o herramientas.
- Eliminar las primeras plantas enfermas, o los primeros focos del patógeno, siempre de forma controlada, retirándolas del entorno del invernadero y teniendo en cuenta los siguientes puntos. No esperar a que los hongos formen sus esporas en el tejido afectado, retirarlo o tratarlo antes.
- Procurar una buena ventilación de las instalaciones, ya que la mayoría de las bacterias y hongos de actuación aérea requieren como condiciones ambientales óptimas una humedad relativa elevada y/o agua libre sobre la superficie vegetal. Controlar dicha humedad puede ser la mejor forma, a veces la única, de evitar el desarrollo de la enfermedad.
- El empleo de control químico sobre las plantas no es siempre efectivo, sobre todo en el caso de las bacterias. Los tratamientos preventivos suelen dar mejores resultados que los de control cuando una enfermedad se ha instalado y extendido ya en el cultivo.
- Limpiar y desinfectar bien las estructuras, componentes y herramientas empleadas en el cultivo entre campañas.
- Quitar las malas hierbas y restos vegetales.

5.4. Control de enfermedades transmitidas por vectores aéreos

En el caso de enfermedades víricas transmitidas por mosca blanca o por pulgones el control o manejo de estos virus se fundamenta principalmente en el control del vector. Evitar la entrada del vector en los cultivos mediante buenos cerramientos y un sistema de lucha integrada bien implantado en el invernadero para el control de su desarrollo es crucial. Algunas de las recomendaciones que se podrían dar con este fin serían:

- Vigilar y controlar el vector en estados tempranos del cultivo y en los semilleros.
- Colocar mallas en las bandas y cubiertas del invernadero con una densidad mínima de 10 x 20 hilos /cm², excepto cuando no permitan una adecuada ventilación del invernadero.
- Colocar de doble puerta o puerta y malla (mínimo 10 x 20 hilos cm⁻²) en las entradas del invernadero.
- La estructura del invernadero debe mantener una hermeticidad completa que impida el paso del insecto vector.
- Colocar trampas cromotrópicas amarillas para seguimiento y captura del vector.
- Tener implantado un buen sistema de control biológico.
- Eliminar los restos vegetales y malas hierbas en el invernadero y alrededores, dejando más de un metro de perímetro limpio de malas hierbas.
- Arrancar y eliminar las plantas afectadas por virus y las colindantes al inicio del cultivo y antes del cuaje.
- No abandonar los cultivos al final de la cosecha, controlando el vector hasta el final.
- Dejar un periodo de descanso entre un cultivo de cucurbitáceas y el siguiente en una amplia zona de cultivo puede ayudar a romper el ciclo del vector.
- El uso de variedades resistentes o tolerantes al virus del que se trate es una buena opción para aquellos casos en los que existan.

Referencias bibliográficas

- BLANCARD, D.; LECOQ, H. y PITRAT, M. (2000): *Enfermedades de las cucurbitáceas. Observar, Identificar, Luchar*. Ed. INRA y Mundi-Prensa; pp. 212.
- CONTI, M.; GALLITELLI, G.; LISA, V.; LOVISOLO, O.; MARTELLI, G. P.; RAGOZZINO, A.; RANA, G. L. y VOVLAS, C. (2000): *Principales virus de las plantas hortícolas*. Mundi-Prensa; pp. 206.
- DÍAZ, J. R. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J., eds. (1994): «Enfermedades de las Cucurbitáceas en España»; *Monografías de la Sociedad Española de Fitopatología* (1). Phytoma-España; pp. 155.
- LABORATORIO DE SANIDAD VEGETAL DE ALMERÍA (2004): *Memoria de Actividades*. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía; pp. 87.
- LÓPEZ, M.; GARCÍA, J. P.; NAVAS, J. A.; ORTIZ, F.; JUSTICIA, L.; FERNÁNDEZ, M. y LÓPEZ, J. (2001): *Cultivos Hortícolas II. Plagas y enfermedades*. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía; pp. 187.
- MESSIAEN, C. M.; BLANCARD, D.; ROUXEL, F. y LAFON, R. (1995): *Enfermedades de las hortalizas*. Mundi-Prensa; pp. 576.
- RECHE, J. (1991): *Enfermedades de hortalizas en invernaderos*. Servicio de Extensión Agraria, MAPA, Madrid; pp. 189.
- RECHE, J. (1994): *Cultivo de la sandía en invernadero*. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería; pp. 243.

Aplicación para la medición *online* mediante tecnología NIR del grado de maduración en sandía basado en la medición del °Brix y color interno. Método no destructivo

Agustín López Pedrosa

Savia Biotech

1. Introducción

Savia Biotech ha desarrollado y validado un modelo robusto para la aplicación NIR que nos permite predecir la maduración de la sandía mediante la medición de °Brix y color interno. Este ensayo se ha realizado para su implantación junto al calibrador del lineal de forma que se conozca el °Brix exacto del total de los frutos de cada partida, mejorando el control y calidad del producto, disminuyendo las devoluciones en destino, así como eliminando las pérdidas por destrucción de sandías para la evaluación de las partidas, ya que es un método no destructivo.

La clasificación por sabor determina el nivel de azúcar en la sandía y se conoce como clasificación por °Brix. La tecnología utilizada para esta clasificación se denomina NIR (Near Infra Red - Espectro de Onda de Infrarrojo Cercano), la cual permite a los productores clasificar no solo por peso, sino también por el gusto y color interno de la sandía.

Esta tecnología está muy extendida para el control y medición de parámetros de calidad en otros sectores como alimentación animal, sector cárnico, sector cerealista-harinero, sector lácteo... midiendo humedad, proteínas, grasas, control microbiológico, etc. Esta tecnología nos permite además relacionar la medición tomada con el equipo con los parámetros que queremos medir, de esta manera podemos diseñar un modelo matemático que, incorporado a un equipo NIR, puede predecir el parámetro deseado.

1.1. Información útil

- Información de calidad (parámetros muy apreciados comercialmente).
- Información fiable (robustez, estable, repetitivo y fiable).
- Información en tiempo real.

1.2. Versátil

Esta tecnología permite incorporar parámetros al mismo producto o controlar otros en otros productos (°Brix en melón, daño interno en berenjena por 'La Peseta', transferir a un equipo portátil). Se puede usar el mismo equipo para modelos diferentes, sacándole de esta forma el máximo rendimiento.

El medidor adecuado para el cual se ha desarrollado la aplicación permite su manejo *online*, facilitando esta forma la gestión y control de las muestras desde un ordenador fuera de la zona de registro o medida de las muestras, haciendo la aplicación mucho más funcional y permite su colocación tanto junto a líneas de calibrado como en puntos de control del producto. El equipo permite hasta ocho cabezales de medición, de forma que se pueden incorporar distintos puntos de medida, alejados hasta 100 metros del equipo.

2. ¿Cómo funciona la clasificación por °Brix y color mediante NIR?

El equipo de clasificación NIR está montado en cada línea del calibrador o puntos de control de calidad del producto y funciona de la siguiente manera:

- Una fuente de luz ilumina la pieza que pasa debajo del sistema NIR, penetra la fruta y se retransmite. Las diferencias en color que se generan contienen información sobre las propiedades internas de la fruta, color que determina el nivel de °brix y color interno. Cuanto mayor cantidad de luz absorba la fruta mayor será su nivel de °brix o intensidad de color.
- El reflejo de la luz en la fruta se mide con un espectrómetro (detector de color extremadamente sensible), el cual mide las diferencias en los colores transmitidos. Se trabaja, además, con un procesador de señales digitales (DSP) para procesar la información del espectrómetro y estimar el ácido del °brix o color interno. La información recibida es

procesada por el software de calidad interna del calibrador y se utiliza como parte de la información para la clasificación de la fruta.

La clasificación por °Brix y color suministra grandes ventajas, entre las que se cuentan:

- Es muy efectiva a velocidad de empaque comercial. Brinda mayor exactitud.
- Se interconecta con la mayoría de las máquinas de clasificación existentes y nuevas.
- Le proporciona el control al usuario.
- Suministra soluciones para todas las variedades de sandías.
- No daña la cosecha.

2.1. Beneficiarios

- Cooperativas.
- Agricultores.
- Alhóndigas.
- Grandes superficies.

2.2. Ventajas

El ahorro en gastos directos de análisis destructivos para el control de calidad o control de °Brix en sandía para una cooperativa media puede suponer entre 15.000 o 20.000 €, (estimado este valor en un porcentaje analizado de producto del 0,1 % del total). Además, el producto queda destruido e inutilizado para su venta.

Al contrario, el uso de esta aplicación permite llevar a cabo análisis no destructivos, de forma que todo el producto analizado puede ser utilizado para su venta íntegramente, además de llegar hasta un porcentaje de producto analizado del 90 al 100 %.

Asimismo, supone un ahorro en devoluciones de producto (una incidencia del 5 % en una producción de 50 ha supondría un coste de 62.500 € para una cooperativa) y la diferenciación del producto respecto a la competencia.

Para el desarrollo de la aplicación para la predicción de azúcares solubles y color interno en diferentes variedades de sandía, se llevó a cabo un estudio de viabilidad del potencial desarrollo de esta aplicación, así como su posterior implementación para su uso en trabajos de rutina. El presente artículo recoge las conclusiones del «Estudio de viabilidad para la implantación de la tecnología NIR en el control de calidad de sandías», y está dividido en los siguientes apartados:

1. Evaluación de la respuesta espectral de distintas variedades de sandía analizadas en diferentes instrumentos.
2. Viabilidad de uso de la Tecnología NIR para predicción de parámetros de calidad en Sandía (°Brix y color interno).
3. Selección del equipo más adecuado para su implementación en rutina.

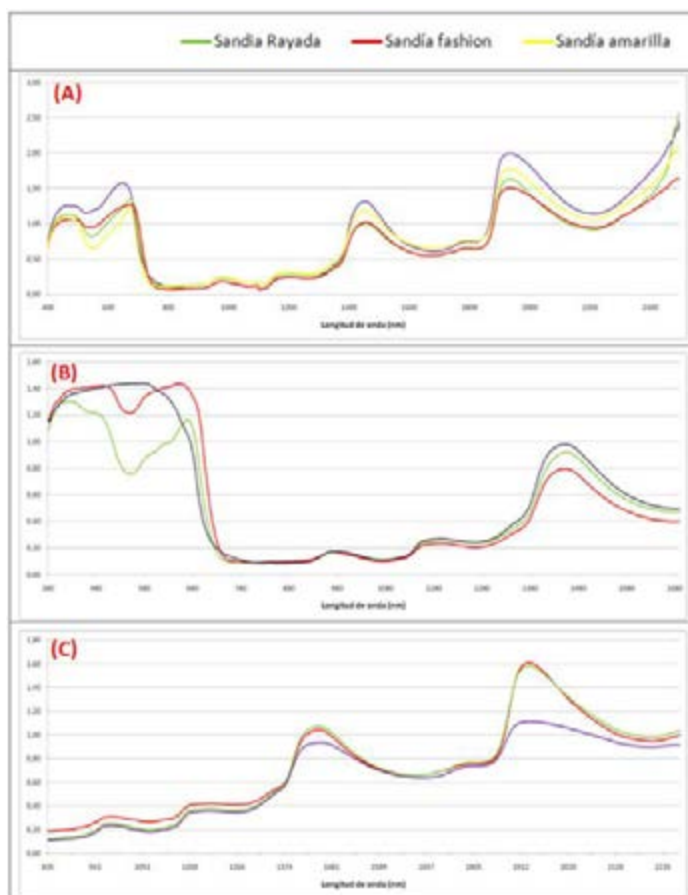
3. Evaluación de la respuesta espectral de distintas variedades de sandía analizadas en diferentes instrumentos

En el presente estudio se ha evaluado la respuesta espectral de distintas variedades de sandía, analizadas en diferentes equipos NIR y la respuesta espectral de distintas variedades de sandía analizadas en forma intacta con tres equipos NIR de diseños ópticos diferentes (Gráfico 1):

- a) *Un equipo de red de difracción*, monocromador de espectro continuo con rango espectral de 400 a 2.500 nm, que recoge datos cada 2 nm. Se ha hecho uso de un módulo de sonda de fibra óptica, cuyo rango óptimo de lectura de datos espectrales es de 400 a 2.200 nm. La medida se realiza colocando la sonda en la superficie de la muestra y el tiempo medio de análisis de una muestra en este equipo es de 2-3 minutos.
- b) *Un equipo NIR de red de diodos*, con rango espectral de 380 a 1.690 nm, que recoge datos cada 2 nm. La medida se realiza colocando la muestra en la zona de medida del instrumento y el tiempo medio de análisis de una muestra en este equipo es de 2-3 milisegundos.
- c) *Un equipo NIR de transformada de Fourier de espectro continuo*, con rango espectral de 830 a 2.500 nm. La medida se realiza colocando la muestra a una distancia de 7 cm de la zona de medida del instrumento (cabezal) y el tiempo medio de análisis de una muestra en este equipo es de 1 segundo.

En el Gráfico 1 se pueden observar los espectros correspondientes a cada uno de los tipos de sandías analizadas en los tres instrumentos NIR anteriormente citados. Se puede apreciar en dicho gráfico cómo todos los productos analizados presentan bandas de absorción NIR características a 950, 1.150 y 1.430 nm. En función de rango espectral, cada instrumento proporciona distinta información, absorción en la zona del visible como se observa en el gráfico 1B; información NIR a longitudes de onda más alta (1.700 y 2.100 nm) como se observa en Gráfico 1A y Gráfico 1C.

Gráfico 1. Espectros correspondientes a muestras de sandía de distintas variedades y berenjena en cada uno de los distintos instrumentos seleccionados A, B y C



Al tratarse de un estudio de viabilidad enfocado principalmente al desarrollo de una aplicación *online*, se hace necesaria la utilización de instrumentos con una elevada velocidad de medida por lo que en el desarrollo final de los modelos predictivos no se tuvo en cuenta el primer instrumento, aunque si se utilizó para evaluar la región espectral de interés y la calidad del espectro.

Si realizamos una comparación entre los espectros obtenidos por los diferentes instrumentos empleados (A, B y C) podemos observar que, exceptuando las distintas regiones espectrales, no existen diferencias significativas entre ellos y la zona entre 800 y 1.700 nm está presente en todos ellos.

4. Viabilidad de uso de la tecnología NIR para predicción de parámetros de calidad en sandía (°Brix y color interno)

De acuerdo con el diseño del estudio de viabilidad, se analizaron un total de 244 muestras de sandías procedentes de 4 variedades distintas (sandía rayada «mini» (106), sandía fashion «mini» (32), sandía rayada (54) y sandía fashion (44)).

Optimización análisis NIR

La optimización del análisis NIR se realizó en el propio laboratorio de Savia Biotech S.A., en el que se evaluó velocidad de análisis, intensidad de la fuente de radiación, distancia de la muestra al detector y calidad del dato espectral. En la Figura 1 se aparecen imágenes del análisis NIR de los productos objeto de estudio tanto a distancia como en contacto tomadas durante el proceso de optimización.

Figura 1. Análisis NIR de sandía en contacto (a) y a distancia (b)



Análisis de referencia

Los análisis de referencia de las muestras se llevaron a cabo en el laboratorio de Savia Biotech SA. La medida de °Brix se realizó por un método de refracción y se analizaron tres zonas, A, B y C en la zona más externa, en la zona media y en el centro de la sandía, respectivamente. La medida del color se realizó por un método visual comparando con estándares de color.

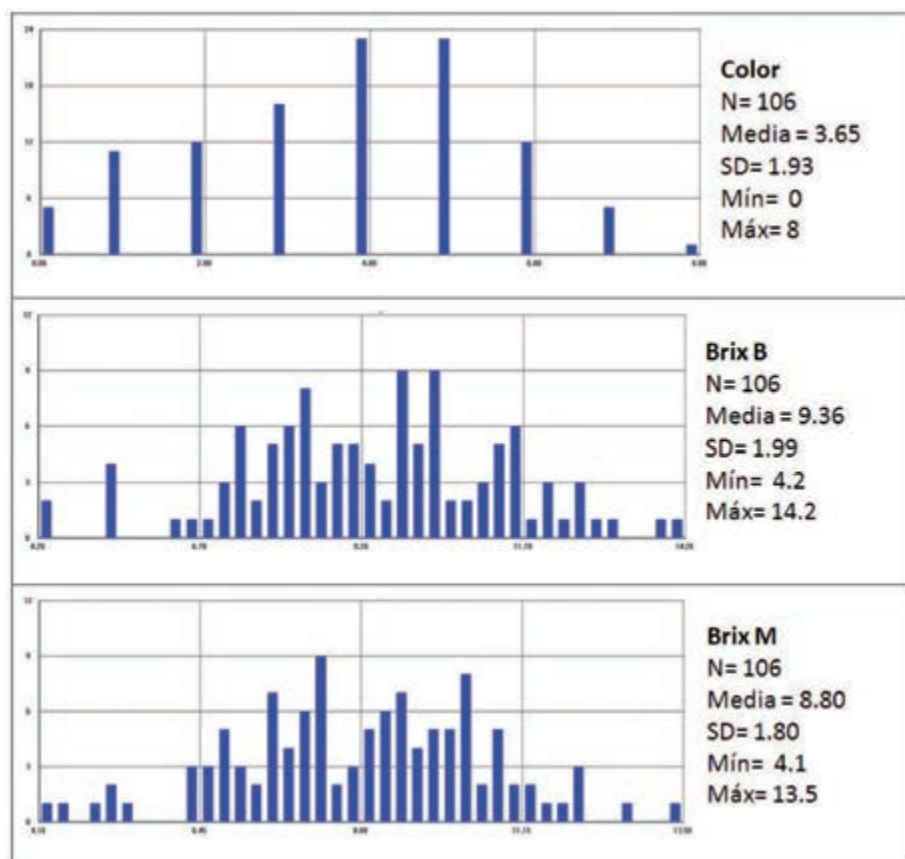
Figura 2. Recepción de muestras: sandías (A) y (C). y análisis de referencia de zonas de análisis de °Brix y color interno de la sandía (B) y (D)



Se han desarrollado modelos predictivos NIR para los parámetros °Brix y color interno de sandía utilizando como dato de referencia el valor de °Brix de la zona media (Brix B) y la media de las tres medidas realizadas (Brix M).

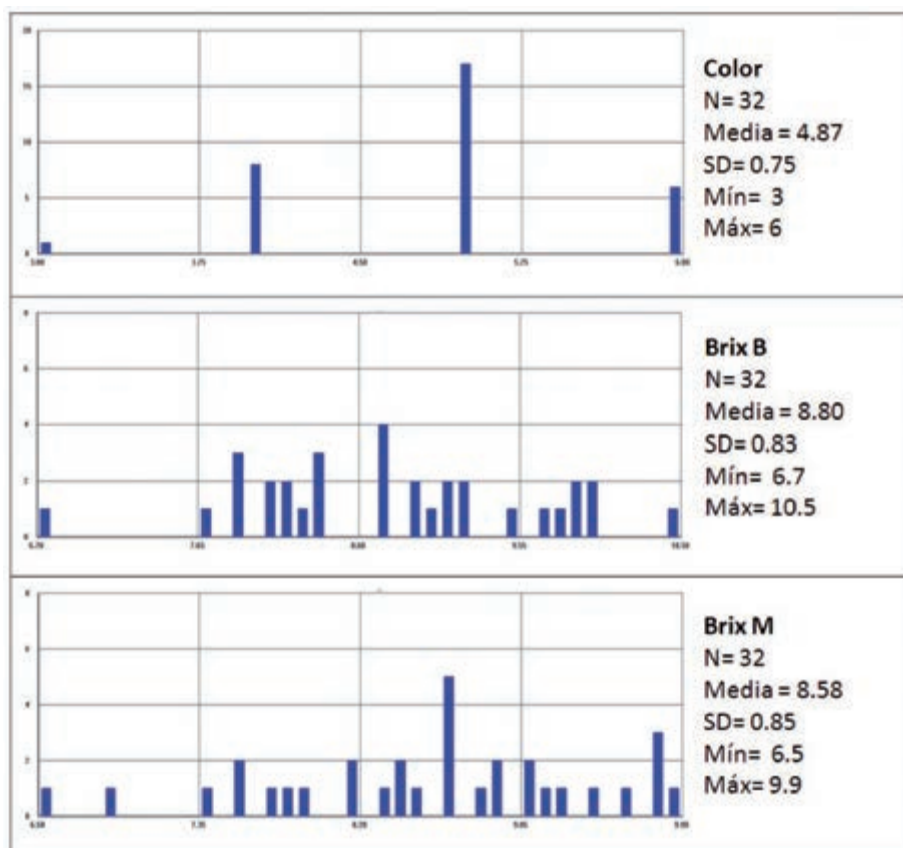
En el Gráfico 2 se muestran los histogramas y los valores de media, máximo, mínimo, desviación típica y número de muestras de cada una de las variedades analizadas para los parámetros color interno, Brix B y Brix M.

Gráfico 2. Histograma, número de muestras (N), valor medio, mínimo, máximo desviación típica del colectivo de sandía variedad 1 (rayada «mini»)



En esta variedad se observa un número adecuado de muestras para el desarrollo de modelos quimiométricos, así como una distribución adecuada de los valores tanto de color interno como °Brix lo que permitirá el desarrollo de modelos robustos. No obstante, en el caso de los °Brix se observan muy pocas muestras en los extremos, valores inferiores a 6,5 y superiores a 12, es posible que las muestras que presentan estos valores queden excluidas en el desarrollo de la calibración. La desviación típica (SD) en todos los casos es próxima a 2 lo que indica una buena distribución de valores en el colectivo.

Gráfico 3. Histograma, número de muestras (N), valor medio, mínimo, máximo desviación típica del colectivo de sandía variedad 2 (fashion «mini»)



Como se aprecia en el Gráfico 3, el colectivo de muestras de sandía de la variedad 2 (fashion «mini») es muy reducido (32 muestras). Aunque la distribución de los valores es homogénea a lo largo del rango, a excepción de color interno, el intervalo de valores es bajo y no presenta suficiente variabilidad para el desarrollo de modelos quimiométricos.

Los resultados obtenidos en las otras dos variedades, 3 (rayada) y 4 (fashion) son muy similares aunque se trata de colectivos de 54 y 44 muestras (ver Gráficos 4 y 5). De hecho, la variedad 4 presenta una mayor variabilidad en sus valores de color interno y °Brix, a pesar de que el número de muestras que integran el colectivo es menor como se observa por los valores de desviación típica de la variedad 3, en torno a 0,8, frente a los de la variedad 4, cercanos a 1,2.

Gráfico 4. Histograma, número de muestras (N), valor medio, mínimo, máximo desviación típica del colectivo de sandía variedad 3 (rayada)

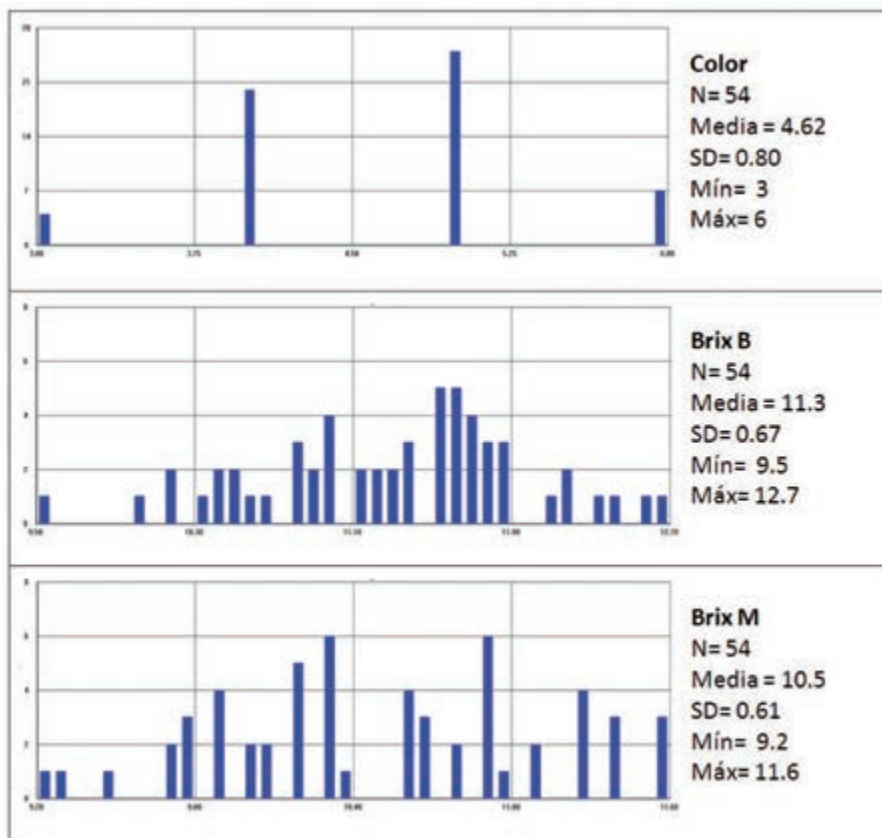
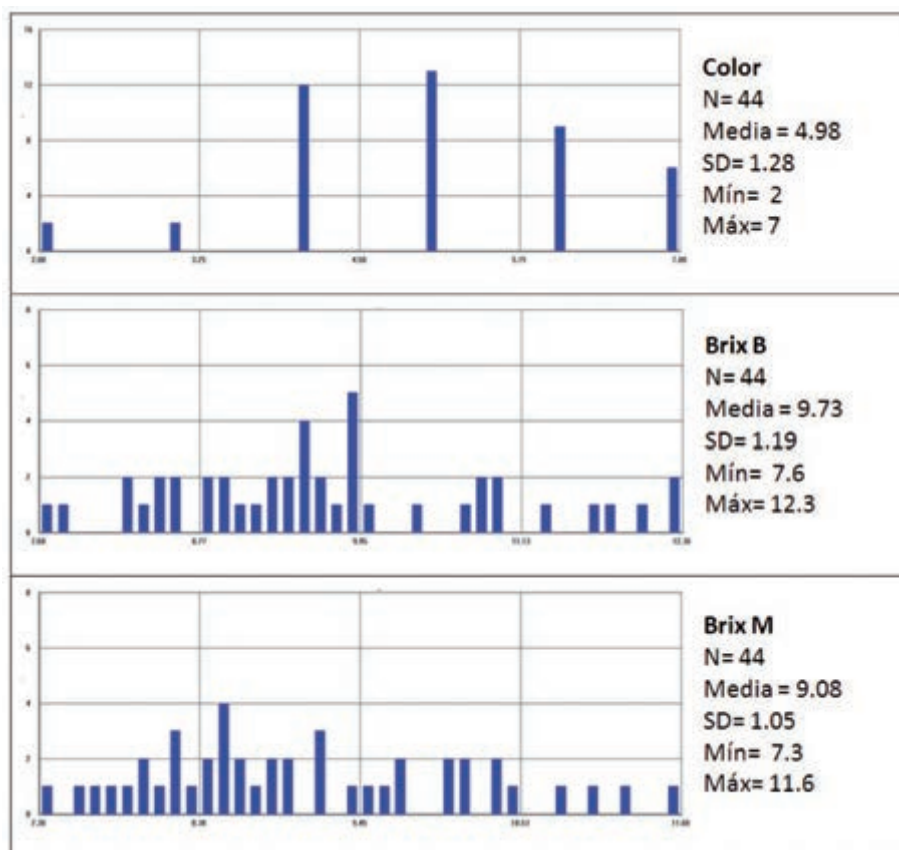
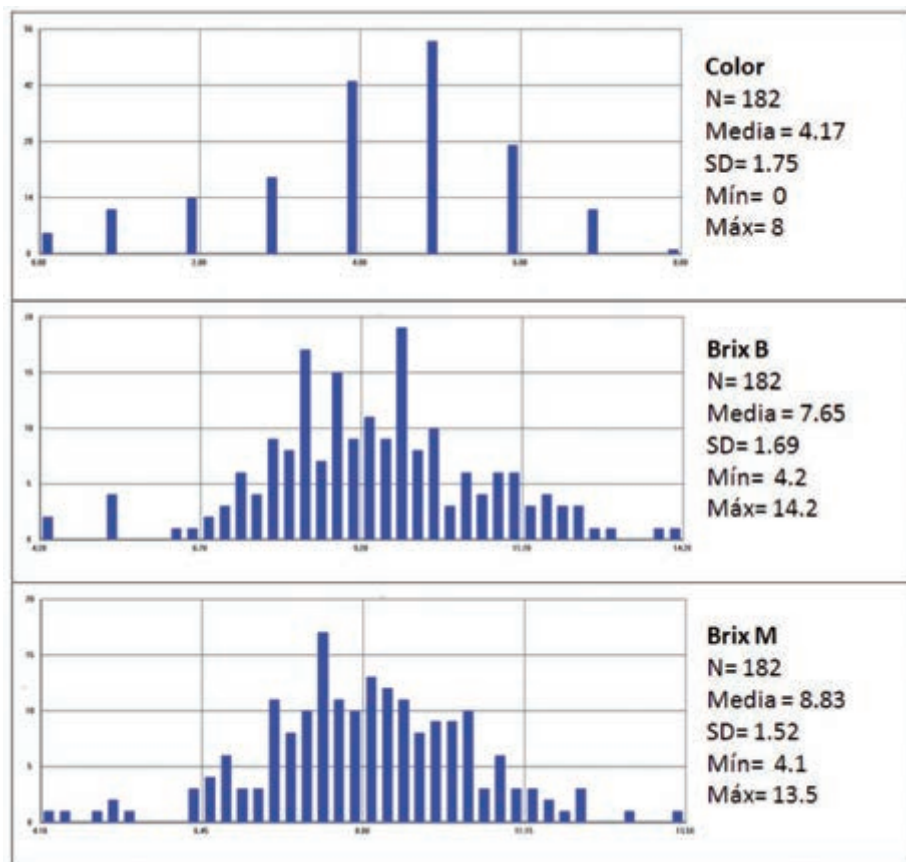


Gráfico 5. Histograma, número de muestras (N), valor medio, mínimo, máximo desviación típica del colectivo de sandía variedad 4 (fashion)



Debido a la baja variabilidad encontrada en las distintas variedades analizadas, a excepción de la variedad 1, se ha optado por unir varios colectivos para obtener modelos predictivos NIR globales. Para ello se han unido las variedades 1, 2 y 4 en un colectivo global para obtener una ecuación general. La no inclusión de la variedad 3 en este colectivo se debe a su similitud con la variedad 1 y a que se empleará para la validación final de los modelos desarrollados, es decir, las muestras de la variedad 3 no se ha incluido en el desarrollo de los modelos predictivos NIR y al final del informe se presentarán los valores de color interno y °Brix predichos por los modelos y se observarán las diferencias con los datos de laboratorio. El histograma y los estadísticos descriptivos del colectivo se presentan en el Gráfico 6.

Gráfico 6. Histograma, número de muestras (N), valor medio, mínimo, máximo desviación típica del colectivo global variedad (1, 2 y 4).



La caracterización del colectivo global formado por las 182 muestras de las variedades 1, 2 y 4 presenta unos histogramas de frecuencias con buena distribución de los valores, aunque se observan pocas muestras con valores extremos. La desviación típica del colectivo para color interno y °Brix presenta valores adecuados para el desarrollo de modelos quimiométricos y el intervalo de concentraciones es amplio para ambos parámetros.

Desarrollo de modelos predictivos NIR en sandía

El tratamiento quimiométrico de los datos espectrales y químicos ha permitido obtener modelos de predicción en los dos equipos empleados en este estudio. Las ecuaciones de calibración han sido desarrolladas sobre el rango

espectral óptimo de cada uno de los instrumentos empleados aunque los mejores resultados se han obtenido con la región 1.100-1.800 nm. Asimismo, las calibraciones generadas han sido evaluadas haciendo uso de diferentes estadísticos para la selección de la más idónea, en cada parámetro y equipo NIR. Los estadísticos de calibración para las muestras de la variedad 1, variedad 4 y colectivo global compuesto por las variedades 1, 2 y 4 se muestran en la Tabla 1. No se han podido desarrollar modelos predictivos con una mínima robustez para las variedades 2 y 3 de forma individual, probablemente debido a la baja variabilidad que presentaban dichos colectivos de muestras.

Tabla 1. Estadísticos de calibración obtenidos para ambos instrumentos para los parámetros objeto de estudio (color, Brix B y Brix M)

		Instrumento B					Instrumento C				
		N	Media	SD	ETVC	R ²	N	Media	SD	ETVC	R ²
v1	Color	84	4,0	1,7	1,3	0,45	93	4	1,9	0,7	0,87
	Brix B	91	9,3	2,0	1,3	0,6	93	9,2	1,9	0,9	0,73
	Brix M	92	8,7	1,9	1,2	0,6	93	8,8	1,7	0,9	0,72
v4	Color	42	5,0	1,2	1,0	0,34	41	5	1,2	0,7	0,62
	Brix B	44	9,7	1,2	0,9	0,45	44	9,7	1,2	0,9	0,54
	Brix M	40	8,9	0,9	0,6	0,6	44	9,1	1,0	0,8	0,43
v124	Color	136	4,4	1,4	1,0	0,49	138	4,5	1,5	0,8	0,74
	Brix B	145	9,5	1,7	1,0	0,63	148	9,3	1,5	0,8	0,67
	Brix M	146	8,9	1,5	0,9	0,62	146	8,7	1,3	0,7	0,65

* N: número de muestras de calibración; SD: desviación típica; ETVC: error típico de validación cruzada; R²: coeficiente de determinación.

Teniendo en cuenta el aún limitado número de muestras de los colectivos de calibración de las variedades 1, 2 y 4, los resultados presentados en la Tabla 2 indican que las ecuaciones para los parámetros estudiados presentan una adecuada capacidad predictiva. Los resultados obtenidos para la variedad 4 se indican solamente a modo informativo debido al reducido número de muestras con las que se ha desarrollado el modelo.

Comparando los resultados obtenidos en cada uno de los dos instrumentos utilizados, se puede afirmar que no existen diferencias importantes en cuanto a la precisión y exactitud de las calibraciones desarrolladas. No obstante, se puede apreciar que la correlación existente entre los datos de referencia y

los predichos NIR (dada por el valor del estadístico r^2) en el instrumento C es superior para todos los parámetros y colectivos de muestras analizados, y que los errores de calibración son inferiores también en el instrumento C, para todos los parámetros y colectivos de muestras estudiados.

Comparando los resultados entre las distintas variedades, podemos concluir que no se observan diferencias entre los errores entre la variedad 1 y la variedad 4, aunque sí se puede ver que el valor del estadístico r^2 , que indica el porcentaje de varianza explicada por el modelo si es más bajo en el colectivo de la variedad 4, debido al reducido número de muestras. Si comparamos los resultados obtenidos para los colectivos de variedad 1 y variedad 1, 2 y 4, podemos observar que mientras que el error cometido en la predicción de °Brix es más bajo, el error cometido en la predicción del color interno ha subido ligeramente. Teniendo en cuenta estas tendencias, podemos indicar que sería deseable realizar un modelo individual para cada variedad para la predicción del color interno, mientras que para la determinación de °Brix no se observan diferencias entre las distintas variedades por lo que se podría emplear un modelo global.

En resumen, en todos los casos, las ecuaciones obtenidas presentan una adecuada capacidad predictiva, si bien, cabe esperar que un aumento del colectivo de entrenamiento implique un incremento en la precisión y exactitud de las mismas, especialmente en el caso de la variedad 4 (sandía fashion).

Validación externa de modelos predictivos NIR en sandía

La validación externa de los modelos es un paso clave para comprobar la capacidad predictiva de los mismos así como para evaluar la posible aplicación de los modelos al análisis rutinario. En este estudio se han utilizado dos colectivos de validación distintos, por un lado se han seleccionado un conjunto de muestras similares a las empleadas en el desarrollo de los modelos, y por el otro se utilizará el colectivo descrito anteriormente como variedad 3, que no se ha utilizado en el desarrollo del modelo construido a partir de las variedades 1, 2 y 4. Solo se evaluarán los modelos desarrollados a partir de la variedad 1 y el modelo global desarrollado empleando conjuntamente las variedades 1, 2 y 4. El modelo desarrollado para la variedad 4 presentaba un número muy reducido de muestras y no se ha utilizado en el proceso de validación.

Tabla 2. Estadísticos de validación obtenidos para ambos instrumentos para los parámetros objeto de estudio (color, Brix B y Brix M)

		Instrumento B		Instrumento C	
		ETP (V124)	ETP (V1)	ETP (V124)	ETP (V1)
VAL1	Color	0,9	1,1	0,9	0,8
	Brix B	0,9	1,0	0,9	1,0
	Brix M	0,9	1,0	0,9	1,0
VAL2	Color	1,4	11,2	1,0	0,9
	Brix B	1	1,0	0,7	0,8
	Brix M	0,8	0,9	0,7	0,8

* ETP: Error típico de predicción; Val1: colectivo de muestras de validación; Val2: colectivo de muestras de la variedad 3.

En base a los resultados presentados en la Tabla 2, se puede concluir que los errores de predicción (ETP) obtenidos por ambos instrumentos son similares aunque siempre un poco mejores para el instrumento C. Con respecto a los parámetros estudiados, se observa una tendencia, el modelo desarrollado únicamente con la variedad 1 presenta errores más bajos en la predicción del color interno, mientras que en la predicción de °Brix, el modelo global, desarrollado a partir de espectros NIR de las variedades 1, 2 y 4, proporciona mejores resultados (errores de predicción más bajos). Estas tendencias parecen indicar que para la determinación de °Brix se podrían desarrollar modelos conjuntos con todas las variedades integrantes del estudio ya que aportan variabilidad al modelo y no parece incrementar el error del mismo. Sin embargo, la predicción del color interno de la sandía se ve afectada ligeramente por el tipo de muestra, por lo que sería aconsejable desarrollar modelos individuales para la predicción NIR de este parámetro.

5. Selección del equipo más adecuado para su implementación en rutina

Teniendo en cuenta las actividades llevadas a cabo en marco del estudio de viabilidad, y una vez estudiadas las características de instrumentos NIR de distintos diseños ópticos, se recomienda la adquisición de un instrumento que realice medidas en un rango espectral comprendido entre los 800 y 1.700 nm aproximadamente y con una alta velocidad de escaneo que sea capaz de realizar medidas en aproximadamente un 1 segundo por muestra.

Para la elección del instrumento NIR más adecuado para el desarrollo de las aplicaciones NIR solicitadas en el presente estudio se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- *Velocidad de análisis:* la velocidad de análisis del instrumento a utilizar es un punto clave cuando se trata de una aplicación en línea. En este caso, los instrumentos B y C tienen la ventaja sobre los monocromadores clásicos (A) de realizar medidas simultáneas a todas las longitudes de onda, lo que acelera enormemente la velocidad de análisis pasando de minutos a 1 segundo por muestra. Por ello, tras los estudios previos se desestimó el uso de este instrumento en el desarrollo de los modelos posteriores.
- *Viabilidad técnica:* los resultados obtenidos en el presente estudio de viabilidad indican que los 2 instrumentos seleccionados para el desarrollo de modelos de predicción (instrumentos B y C) pueden ser adecuados para el desarrollo de la aplicación de predicción NIR de parámetros de interés en sandía (color interno y °Brix). Cabe destacar que el instrumento C proporcionó resultados ligeramente superiores.
- *Implementación en la línea de procesado:* al tratarse de un estudio para evaluar la viabilidad de la tecnología NIR para su implementación en una línea de procesado no debemos obviar un aspecto muy importante que son las condiciones ambientales en las que trabajara el instrumento. Los instrumentos NIR suelen ser robustos pero como cualquier dispositivo de medida es sensible a cambios de temperatura y vibraciones. En este caso, el instrumento C parte con ventaja sobre el resto, ya que el cabezal de medida se puede colocar a una distancia de hasta 100 m del instrumento por lo que se podría colocar el instrumento en una zona alejada de la zona de producción y realizar la medida en otra. Además, al realizar la medida a distancia (7 cm entre cabezal y producto) su implementación en la línea es más sencilla. En el caso del instrumento B habría que diseñar una zona de medida en la línea de procesado que permitiese incrustar el equipo, aislarlo convenientemente y hacer pasar los productos en contacto directo con la zona de medida.

- *Precio*: el precio es un punto a considerar en la implementación la tecnología NIR en el control de calidad de cualquier industria ya que el coste de los instrumentos es un factor limitante. Aunque no existen diferencias muy acentuadas entre los instrumentos testados, el instrumento B sería el más económico en el caso de la adquisición de un solo instrumento. En caso de que fuera necesaria la adquisición de más de un instrumento o punto de medida, la opción C sería la más rentable, ya que este instrumento permite acoplar hasta 8 cabezales de medida a un mismo equipo, por lo que el precio final se compensaría de forma significativa.

Comercio internacional de sandía

Juan Carlos Pérez Mesa

Universidad de Almería

1. Introducción

1.1. Evolución de la sandía Almería en las últimas campañas

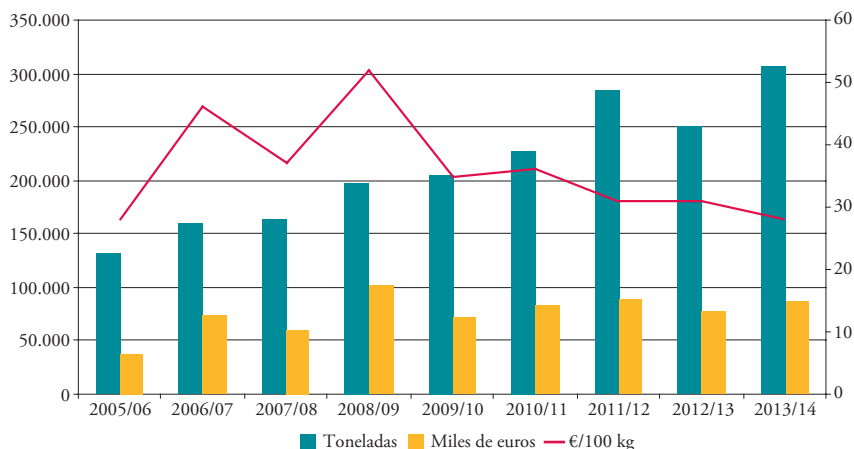
La evolución de la sandía almeriense en los últimos años ha mostrado diversas caras. Campañas excepcionales han dado lugar a periodos de decadencia en precios e ingresos que han tendido a remontar, en cuanto la producción ha mostrado cierta estabilización. De hecho, en los últimos años, los datos revelan la dificultad de comerciar todo el volumen disponible a precios aceptables (Gráfico 1). En general esta es una situación típica en los mercados agrarios que, año tras año, se reproduce en el campo de Almería: pequeños aumentos de producción (por encima de la media de las últimas campañas) se traducen en caídas de precios más que proporcionales. Lo contrario también es cierto (Pérez Mesa y Galdeano Gómez, 2010).

Dentro de la huerta almeriense este es el producto más anárquico en su comercialización, lo que se deja ver al comparar las cifras de producción, comercialización y exportación. Los datos oficiales revelan una cosecha de 447.000 toneladas (año 2014), mientras que las ventas (en alhóndiga y cooperativa) suman 307.000 toneladas. De ese volumen se supone que 227.000 toneladas tienen como destino final la exportación, por un valor de superior a los 121 millones de euros. En general, como también le pasa al melón, es un producto que queda supeditado a los resultados alcanzados por el resto de cultivos, lo que hace que su pronóstico sea difícil (Perez-Mesa, *et al.*, 2011).

Profundizando en la evolución de los precios, vemos un comportamiento similar con el paso de las campañas. Las mejores cotizaciones se obtienen en las semanas tempranas, algo que perjudica la comercialización debido a que favorece el corte en verde. Sin embargo esta táctica, aunque pueda ser rentable en el corto plazo, y solo para unos pocos, perjudica a la mayoría; ya que el consumidor reduce drásticamente las compras en semanas sucesivas, aceleran-

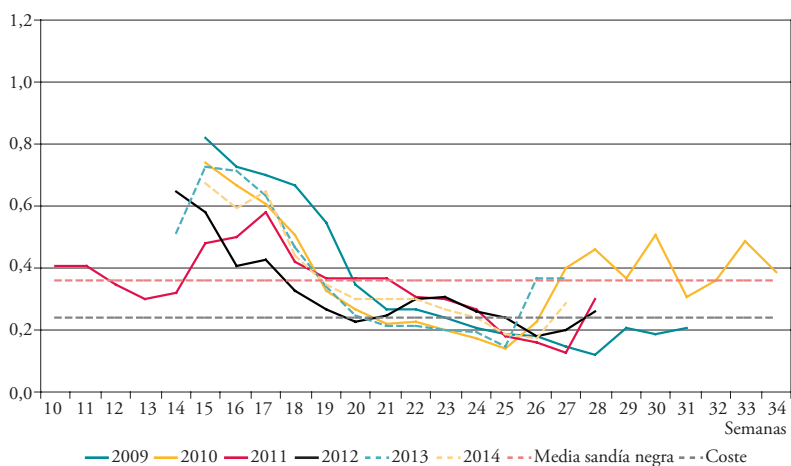
do la caída de precios. En el largo plazo esta forma de actuar hipoteca el futuro del propio cultivo. En lo que se refiere a las diferencias de rentabilidad entre sandías rayadas y negras, prácticamente no existen aunque debe ser tenida en cuenta la existencia de diferentes variedades dentro de cada grupo.

Gráfico 1. Cantidades comercializadas, precios ponderados de venta e ingresos en origen



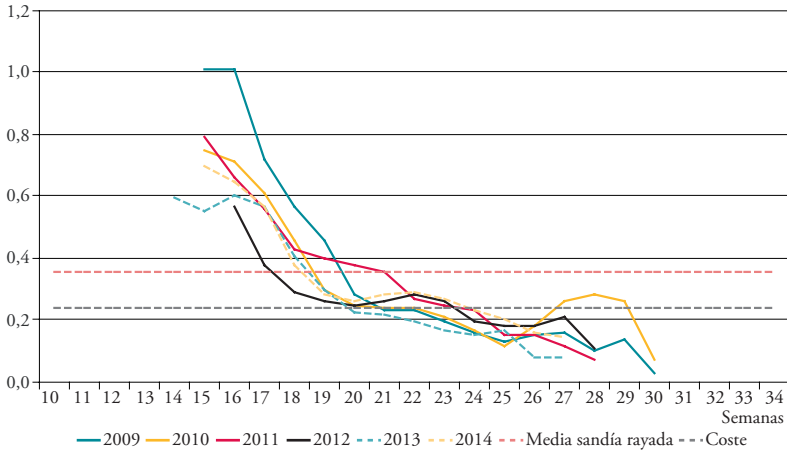
Fuente: SOIVRE, Coexphal.

Gráfico 2. Precios de venta de la sandía negra. En € kg⁻¹



Fuente: Coexphal.

Gráfico 3. Precios de venta de la sandía rayada. En € kg⁻¹



Fuente: Coexphal.

1.2. Breve referencia al impacto de la crisis del *E. coli* - 2011: lecciones que aprender

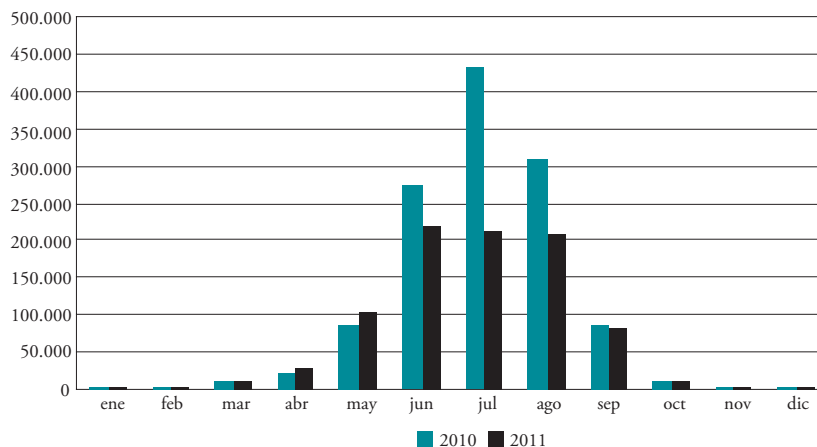
En este apartado se describe un caso que ilustra bien la sensibilidad que tiene este cultivo a factores muy diversos. La crisis del *E. coli*, aunque sin ninguna responsabilidad por parte del productor almeriense, mostró perfectamente las consecuencias para el sector de una crisis de consumo.

A finales de mayo de 2011 se gestó la mayor crisis que ha soportado, en su historia, el sector comercializador hortícola español. Las autoridades del estado de Hamburgo atribuyeron, en estas fechas, un brote infeccioso por la bacteria *E. coli* a pepinos procedentes de España, motivando una alerta contra el consumo de tomates, lechugas y pepinos, que rápidamente afectó a la totalidad de productos hortícolas (incluidos el melón y sandía), no solo con origen en España, sino también procedentes de zonas exportadoras más estivales (por ejemplo, Holanda). Las grandes cadenas de distribución cancelaron los pedidos, muchos fueron devueltos, incluso con parte del transporte ya realizado (Pérez Mesa, 2011). Aunque casi tres semanas después las autoridades alemanas reconocieron que el origen del brote no estaba en España, el producto, muy percedero, no era comerciable. El consumo estaba tan afectado que las cotizaciones, en el mercado nacional y de exportación, se habían reducido de forma sustancial.

En el caso concreto que nos ocupa, el consumo se resintió en Alemania, lo que afectó especialmente a las ventas del producto procedente de España. En el Gráfico 4, puede verse que el consumo total de sandía se redujo un 20 % en el mes de junio, situación que se hizo más acusada en julio y agosto, donde la reducción fue del 51 y el 33 % respectivamente. Sin embargo, no podemos achacar toda esta bajada a la crisis de *E. coli*. El consumo de sandía es muy sensible a las temperaturas, y en el año 2010 y 2011 ocurrieron hechos meteorológicos excepcionales. En 2010 las temperaturas del periodo junio-agosto en Alemania fueron extremadamente calurosas (por encima de la media de los últimos 30 años), algo que se revirtió en 2011, donde las temperaturas estuvieron por debajo de esos mismos promedios (sobre todo en el mes de julio). En definitiva, se produjo una «tormenta perfecta» en el mercado alemán.

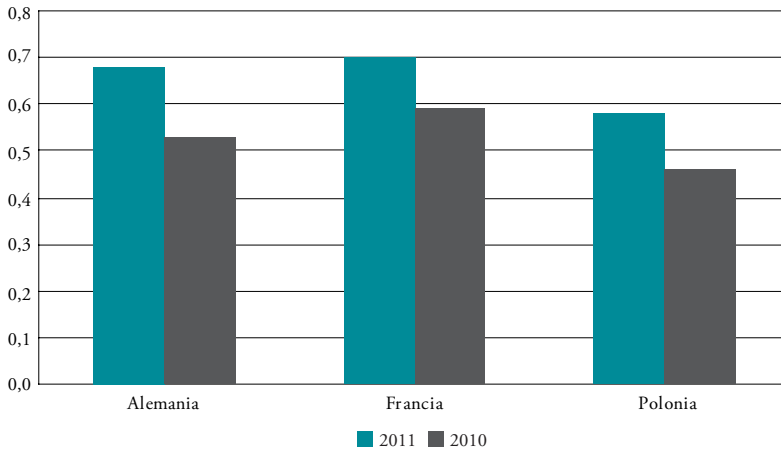
A pesar de lo comentado, si bien el consumo en tonelaje descendió, las cotizaciones sí tuvieron un buen tono, lo que ayudó a moderar las pérdidas. En el Gráfico 5 pueden verse los precios de venta en los mercados europeos del producto procedente de España.

Gráfico 4. Consumo total de sandía en Alemania. En toneladas



Fuente: Coexphal. Elaboración propia.

Gráfico 5. Precios de importación de sandía procedente de España. En € kg⁻¹

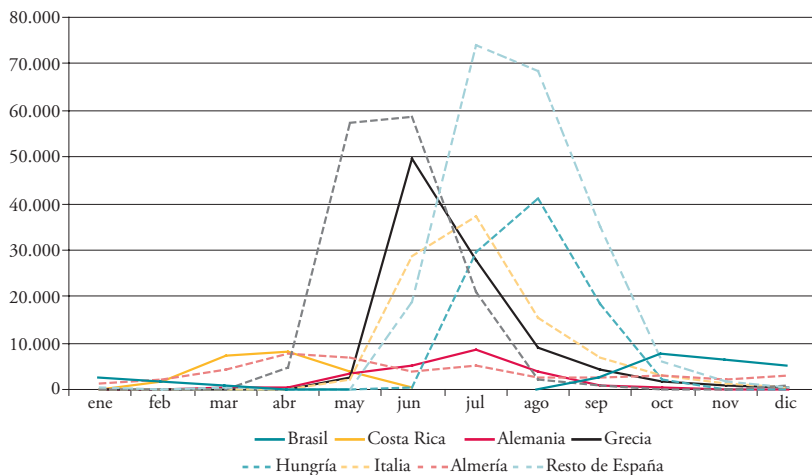


Fuente: Aduanas. Elaboración propia.

2. Orígenes del producto vendido en la Unión Europea

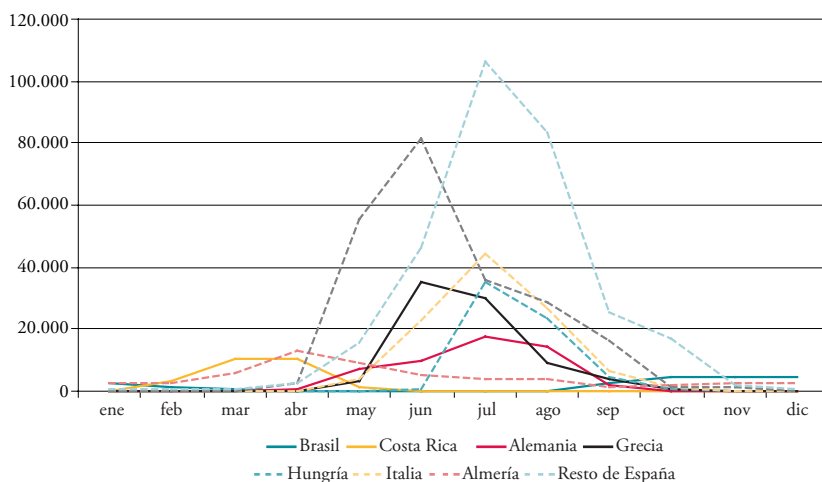
España es el principal origen de la producción consumida en Europa: supone el 47 % de todo el comercio europeo de sandía. Dentro de España, Almería es la provincia con unas exportaciones más altas (suma el 43 % del total). Otras áreas relevantes son: Murcia y Valencia, con un volumen, respectivamente, del 25 y el 20 % nacional. De los Gráficos 6 y 7, se desprende que el calendario de compra-venta europeo prácticamente no ha cambiado en los últimos 7 años. La producción almeriense con máximos en el periodo mayo - junio se solapa en este último mes con los envíos griegos, del resto de España e italianos. A partir de ese momento, Almería cede el relevo al producto de Valencia y Murcia como principal suministrador en Europa. También se aprecia que las exportaciones de ultramar (Costa Rica, con máximos en marzo-abril, y Brasil con máximos en octubre-diciembre) son de poca relevancia. De hecho los envíos desde estos orígenes muestran altibajos en las últimas campañas y apenas promueven el comercio de reexportación holandés en el mes de abril. Adicionalmente, destacan las exportaciones realizadas desde Hungría e Italia, que compiten con las españolas en los meses de julio y agosto. Hungría, en los últimos años, ha tendido a un inicio más temprano de campaña, hasta solaparse completamente con Italia.

Gráfico 6. Exportación a la UE-28 en función del origen (2006). En toneladas



Fuente: Eurostat. Elaboración propia.

Gráfico 7. Exportación a la UE-28 en función del origen (2013). En toneladas



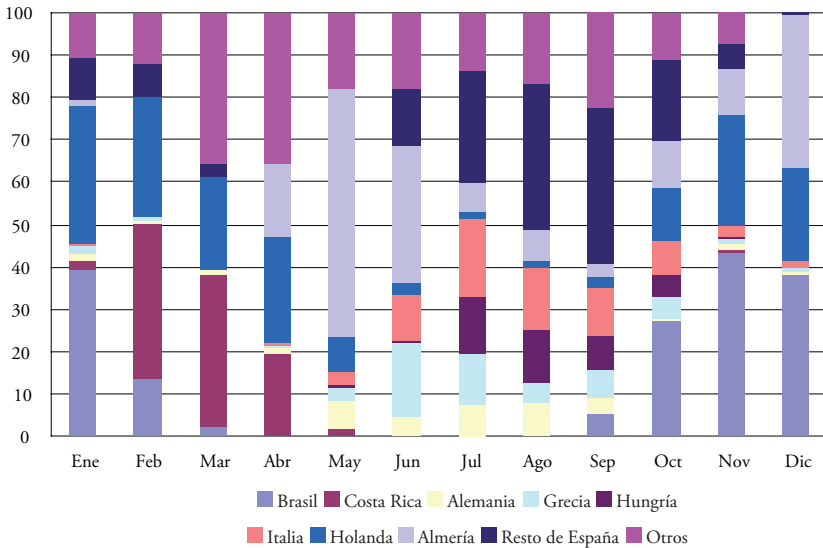
Fuente: Eurostat. Elaboración propia.

Si nos centramos en Almería como principal exportador europeo, podemos ver (Gráfico 8) que esta área tiene escasa competencia en el mes mayo: supone prácticamente el 55 % del comercio intra-europeo. En abril, Almería compite con el producto de ultramar comercializado por Holanda. En Ju-

nio, el producto almeriense sigue siendo el preferido por los importadores europeos: suma el 39 % de las compras. Sorprende que en noviembre exista presencia almeriense en Europa, casi al mismo nivel que la sandía brasileña, aunque en términos de volumen absoluto sea meramente testimonial.

En general, podemos hablar de una cierta estabilidad del mercado europeo de sandía, en cuanto a la competencia española, al analizar la evolución de las cuotas de mercado en las últimas campañas (Tabla 1). El comercio intra-europeo ha crecido (un 35 % en 7 años), sobre todo gracias al aumento de las ventas españolas en la Unión, sin embargo, el procedente del exterior está estabilizado entorno a las 185.000 toneladas. Almería es de las pocas zonas que ha conseguido crecer (tanto en términos absolutos como relativos), suponiendo en la actualidad el 20% de toda la sandía consumida en la Unión Europea.

**Gráfico 8. Porcentaje de representatividad en la UE-28 de cada origen (2013).
 En toneladas**



Fuente: Eurostat. Elaboración propia.

Tabla 1. Exportaciones (toneladas) y porcentaje de representatividad en la UE-28 de cada origen

País de origen/año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Toda España	290.874	306.312	366.652	434.910	404.768	495.220	523.667
España	155.836	168.179	212.854	237.505	172.037	281.253	301.081
Almería	135.038	138.133	153.799	197.405	177.853	213.967	222.586
Italia	102.032	111.199	111.845	121.185	106.802	123.986	161.411
Grecia	94.397	114.024	94.927	136.096	83.119	94.176	118.016
Hungría	93.664	101.833	79.265	66.502	65.133	49.821	66.117
Holanda	45.867	50.112	51.283	62.325	54.602	67.517	67.816
Alemania	26.711	28.813	41.890	51.418	52.849	55.728	41.842
Brasil	28.133	32.131	30.957	23.769	21.037	29.063	28.877
Costa Rica	19.833	23.567	28.185	30.957	25.042	31.194	30.040
EU27_EXTRA	183.360	214.128	175.428	191.737	181.789	199.798	170.692
EU27_INTRA	689.620	748.666	786.211	915.686	859.749	935.133	950.617
España/total	33 %	32 %	38 %	39 %	39 %	44 %	47 %
Extra UE/total	18 %	17 %	22 %	21 %	22 %	25 %	27 %
Italia/total	12 %	12 %	12 %	11 %	10 %	11 %	14 %
Grecia/total	11 %	12 %	10 %	12 %	8 %	8 %	11 %
Hungría/total	11 %	11 %	8 %	6 %	6 %	4 %	6 %
Almería/España	46 %	45 %	42 %	45 %	44 %	43 %	43 %
Almería/total UE	15 %	14 %	16 %	18 %	17 %	19 %	20 %

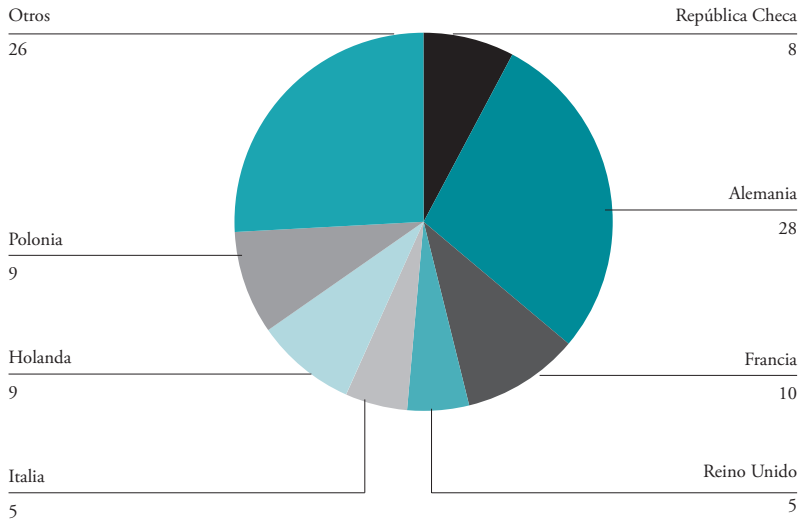
Fuente: Eurostat. Elaboración propia

3. Flujos comerciales

Del análisis de los flujos comerciales se extraen resultados relevantes. El principal importador europeo es Alemania; este país suma el 28 % de las compras (Gráfico 9). Le siguen Francia, Holanda y Polonia, casi con porcentajes idénticos (10 %). Destaca que un país tradicionalmente exportador, como es Italia, importe el 5 % del total, igual porcentaje que Reino Unido. Si nos fijamos, veremos que Alemania, además de importar, está desarrollando una capacidad exportadora con destino a Austria, y sobre todo a Polonia. Italia es importador de sandía griega (este último país también vende en Alemania) y exportador con destino al mercado alemán. La sandía húngara tiene como destino prioritario a Polonia y la República Checa. Holanda es importador de ultramar (Costa Rica y Brasil) que después revende en Alemania. Las importa-

ciones de Reino Unido proceden en su mayoría también de Costa Rica y Brasil. Los principales destinos de las exportaciones españolas son, en este orden, Alemania y Francia. En resumen, existe un gran foco atractivo que es Alemania y un comercio importante de vecindad entre los propios países de la Unión.

Gráfico 9. Principales importadores de la UE-28



Fuente: Eurostat. Elaboración propia

4. Conclusiones

En origen, los resultados obtenidos por la comercialización de sandía están muy influidos por circunstancias muy variadas que incluyen desde la situación de la campaña de otoño-inverno, hasta los precios de años anteriores, o la meteorología en las zonas de consumo. Todo esto hace que su pronóstico sea difícil. Destaca, también, la necesidad de establecer mecanismos de control de la calidad de este producto en los inicios de campaña para que prevalezca una visión de medio y largo plazo. En general, la visión estratégica es una carencia extensible a todo el sector (García Torrente y Pérez Mesa, 2010).

Por otro lado, el mercado europeo de sandía muestra estabilidad en cuanto a la situación relativa de la oferta competidora de España. Como elemento positivo, el comercio de importación se ha incrementado a razón de un 5 % anual en las últimas campañas, lo que da una idea de la fuerte dinámica de

este producto. España es el principal exportador europeo (el 47 % del total), solo Almería supone casi el 50 % de las ventas nacionales. Otras zonas vendedoras son Italia y Grecia (14 % y 11 % respectivamente). El país que mueve el comercio de importación es Alemania (compra el 30 %) ayudado por Francia, Holanda y Polonia. En general se aprecia un creciente comercio de proximidad.

Referencias bibliográficas

- García Torrente, R.; Pérez Mesa, J. C. (2010): «Invernaderos, innovación para la productividad y el medioambiente»; *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios* (3); pp. 7-22.
- Pérez Mesa, J. C. (2011): «Primeras consideraciones sobre el impacto de la «crisis del pepino» en el sector hortícola español»; *Cuadernos de Información Económica* (223); pp. 29-36.
- Pérez Mesa, J. C.; Galdeano-Gómez, E.; Aznar-Sánchez, J. A. (2011): «Management System for Harvest Scheduling: The Case of Horticultural Production in Southeast Spain»; *International Food and Agribusiness Management Review* 14(4); pp. 145-164.
- Pérez Mesa, J. C.; Galdeano-Gómez, E. (2010): «Retail price rigidity in perishable food products: a case study»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(4); pp. 895-907.

AGF: modelo de negocio innovador en el sector agroalimentario

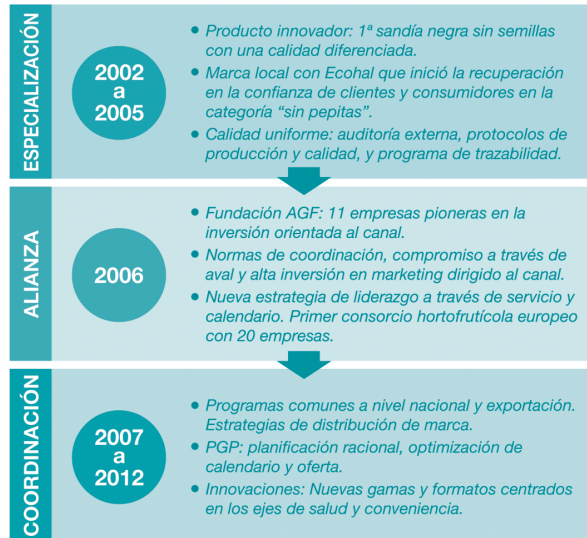
Crisanto Ampuero Brasero y José Cárdenas Padilla

Grupo AGF*

1. Creación de una marca *premium*: marca *fashion*¹

En la Figura 1 se destacan los pasos llevados a cabo para el posicionamiento de una marca *premium*, es decir, una marca diferenciable entre la multitud de marcas existentes en nuestro sector a las cuales normalmente nos referimos como marcas de productor, que sin duda normalmente nunca llegan a ser identificadas por los consumidores, hecho actualmente aún más complicado por la proliferación de las marcas blancas de la gran distribución y la alta fragmentación en la oferta de sandías, conduciendo todo ello a competir inevitablemente por precio.

Figura 1. Fases para la creación de una marca *premium*



¹ Crisanto AB: director de marketing Grupo AGF 2006-2012; José CP: director general Grupo AGF 2010-2013.

1.1. ¿Por qué nace sandía marca fashion?

A finales de la década de los noventa las ventas de sandía descendieron de manera alarmante debido a la falta de confianza por parte de los consumidores, basada entre otros factores a una mala calidad. En este escenario, sandía marca fashion comenzó su andadura con un objetivo claro: recuperar esa confianza creando un nuevo concepto que permitiera poner en mercado un producto de calidad garantizada, con el aspecto de la sandía tradicional, con un color rojo intenso, una carne crujiente, un alto contenido en azúcar y con la innovación de no tener pepitas.

1.2. Primera etapa. Especialización de la producción

Para la marca fashion una primera etapa y determinante, de varios años de duración, fue la especialización tanto del cultivo, ya que para los productores se trataba de un cultivo totalmente secundario, como de la calidad pos cosecha y así ser capaz de garantizar una calidad gustativa continuada y netamente superior a las ofertadas en ese momento. Esta etapa es básica para poder seguir avanzando, ya que es donde se marca la diferencia en calidad de tu producto. La confianza y fidelidad conseguidas en tu marca y a tu producto por parte de tus clientes y consumidores se puede perder, corriendo el riesgo de no volver a recuperarla.

La confianza es necesaria no solo para fidelizar a tus clientes y consumidores, por ello fue clave invertir en una auditoria externa de calidad bajo unos reglamentos y protocolos comunes de obligado cumplimiento para poder etiquetar los frutos con el sello de la marca fashion.

Después de tres campañas, la distribución premió un trabajo bien hecho, ya que la sandía fashion era cada vez más demandada, con unos precios en origen ya diferenciados. En este punto se originó una falta de producto en cantidad y continuidad y esto provocó la necesidad de tener que asociarse para superar este importante inconveniente en un producto que apuntaba a ser claramente caballo ganador.

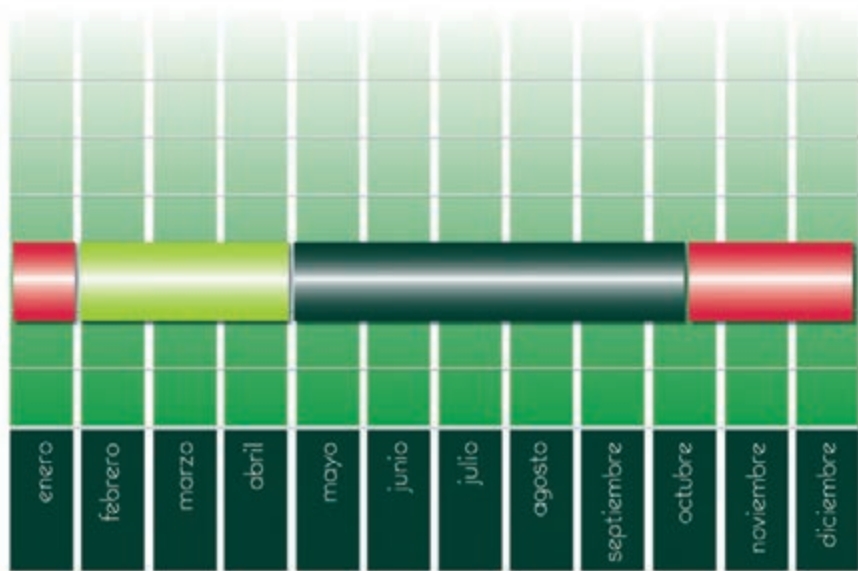
1.3. Creación de AGF

En el año 2006 se creó el consorcio Asociación Grupo Fashion (AGF), inicialmente con once empresas productoras de diferentes áreas, marcando

unas normas y compromisos comunes reflejados en sus estatutos. Esta es la etapa de la alianza, que posibilitaba poder abordar un calendario y servicio adecuado a la demanda. Esta alianza también posibilitó poder manejar un presupuesto de *marketing* adecuado para posicionar el producto al canal de distribución, pero sobre todo a nivel de consumidor, gracias a la utilización de medios de gran impacto como fue el caso de la TV y radio.

En AGF bajo estos pilares, y ante una demanda tan creciente, fue necesaria la incorporación de más empresas productoras especializadas comprometidas con el proyecto, y que posibilitaran el abastecimiento continuado a los consumidores con la creación de un calendario de sandía de máxima calidad (Gráfico 1). En la actualidad ya lo forman veinte empresas con una superficie de producción de mil ochocientas hectáreas.

Gráfico 1. Calendario de producción del Grupo AGF



1.4. Fase de coordinación

En esta etapa, ya con altos volúmenes y tantas empresas, era totalmente necesaria la coordinación para una mejora en la planificación de la producción y en la comercialización para evitar altos volúmenes de *stocks* y las posibles competencias entre ellas.

Figura 2. Imagen de marca



La marca fashion se ha posicionado en un segmento *premium*, razón de su mayor rentabilidad, y esto no sería posible mantenerlo si cuando se producen excedentes de producción, no existiera una coordinación y adecuada promoción de los mismos. Por ello es fundamental planificar un volumen acorde a la demanda del segmento donde se está posicionado. Esto que es tan sencillo de decir, es muy complicado de ejecutar, pues estamos en un sector con demasiados operadores en origen actuando individualmente sin apenas control de este parámetro tan importante como es planificar la superficie de sandía acorde al potencial de la demanda estimada.

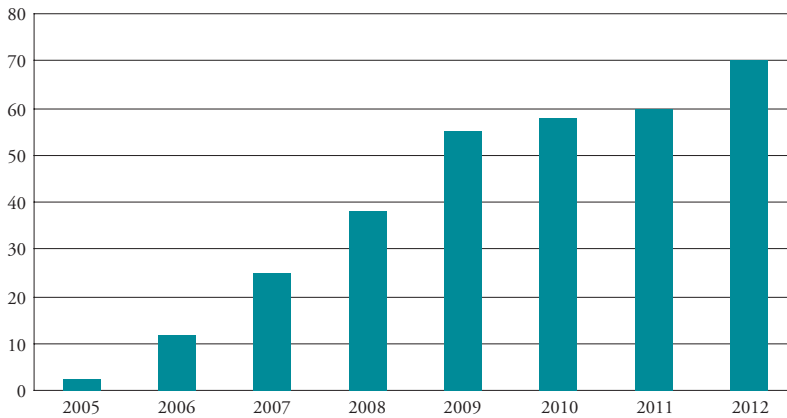
Por último, siendo conscientes del creciente nivel competitivo en el sector, causado en buena parte por el efecto de arrastre de una marca líder que exige a los demás superarse para poder seguir compitiendo, el Grupo AGF ha empezado a invertir en el desarrollo de innovaciones tanto en producto como en conceptos, con el objetivo de seguir liderando el mercado de sandías en España y Europa en el futuro.

Esta colaboración estratégica entre las empresas es capaz de satisfacer objetivos específicos de mercado en el largo plazo y lograr beneficios mutuos en todos los eslabones de la cadena (del productor al consumidor), por esto podemos afirmar que el modelo AGF ha creado «una cadena de valor». Por otra parte, para finalizar, deseamos sobre todo que ejerza como una fuente de inspiración para el sector agroalimentario de un modelo que «sí funciona»...

2. Crecimiento AGF

En la Gráfico 2 se puede observar el progresivo y sostenible crecimiento de las ventas de sandía marca fashion del Grupo AGF. El crecimiento en volumen de fashion siempre ha estado basado en una estricta planificación que por un lado garantizara la calidad del producto y su control, y por otro lado diera respuesta a una demanda cada vez más amplia en función del estudio constante de su posicionamiento.

Gráfico 2. Evolución de las ventas de la marca fashion. En miles de toneladas



Durante estos años de trabajo se ha llevado a cabo una selección de zonas óptimas de producción que garanticen el calendario de producción del Grupo AGF, trabajo aún más complicado de llevar a cabo cuando hablamos de conseguir la adaptación de una misma variedad a distintas zonas, cada una de ellas con distintas limitaciones agronómicas y climáticas.

Figura 3. Áreas de producción de sandía marca fashion: España y Senegal



3. Notoriedad

La marca fashion comercializa más de setenta millones de kilos por campaña en Europa, principalmente en España, Alemania y Francia, con un posicionamiento creciente en países escandinavos, Suiza y Austria. Con este actual volumen podemos asegurar que AGF es líder en Europa operando bajo una misma marca con una notoriedad no solo a nivel de distribuidor, donde están la mayor parte del resto de marcas, sino también a nivel de consumidor final. De la misma forma indicar que AGF, con su modelo de gestión, ha conseguido integrar a veinte empresas productoras repartidas por toda la geografía española, las cuales posibilitan nuestro total calendario de producción, convirtiendo al Grupo AGF en el mayor consorcio hortofrutícola de toda Europa.

La sandía marca fashion a nivel de consumidor, supone el mayor volumen ofertado de Europa bajo:

- Una misma marca: Fashion.
- Un mismo proveedor: AGF.
- Un mismo tipo: negra sin semillas.
- Una misma variedad: fashion.

- Una misma calidad: con reglamentos de calidad propios, más exigentes que los propios reglamentos de comercialización de la UE, y auditados por una empresa independiente.

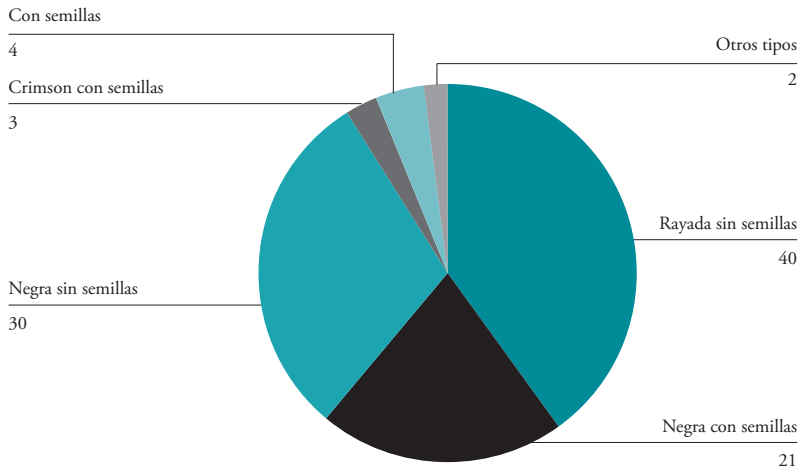
Así, la marca fashion ya es comparable a la notoriedad de otras marcas líderes a nivel mundial de otras frutas consolidadas en nuestro sector, como es el caso de Zespri o Pink Lady.

4. Cambios en el consumidor europeo

4.1. Hábitos de consumo

El consumo de sandía ha experimentado en los últimos años un cambio que se ha traducido en un traslado de este hacia la sandía sin semillas, aspecto que ha influido de manera más que notable a nivel de producción en España, principal productor de Europa. En el Gráfico 3 se observa que el segmento sin semillas supone más del 70 % de la oferta actual de la producción española (producción España 2012: 800.000 t en 15.000 ha).

Gráfico 3. Producción española de sandía. En porcentaje



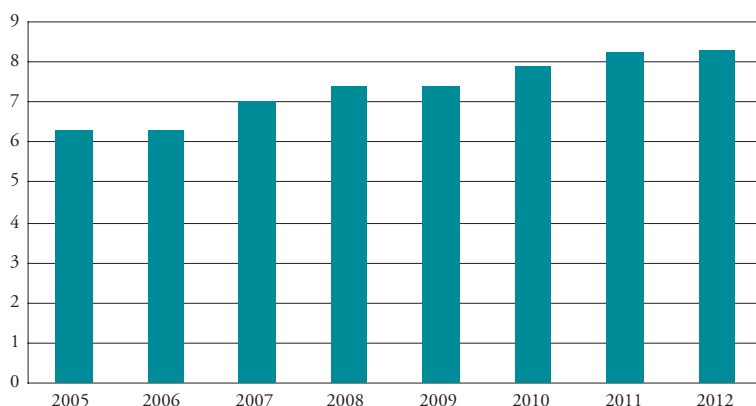
4.2. Incremento de consumo

En los últimos años el trabajo de calidad realizado por el Grupo AGF ha provocado un incremento del consumo, induciendo colateralmente una mayor esfuerzo del resto de operadores a incrementar la calidad para poder competir.

Ambos factores han desencadenado afortunadamente, en detrimento de otros productos como el melón, un aumento del consumo per cápita en España (Gráfico 4) y países europeos, como por ejemplo es el caso de Alemania. Los datos de consumo per cápita de sandías son:

- 6,34 kg/persona y año: 2006.
- 7,94 kg/persona y año: 2010.

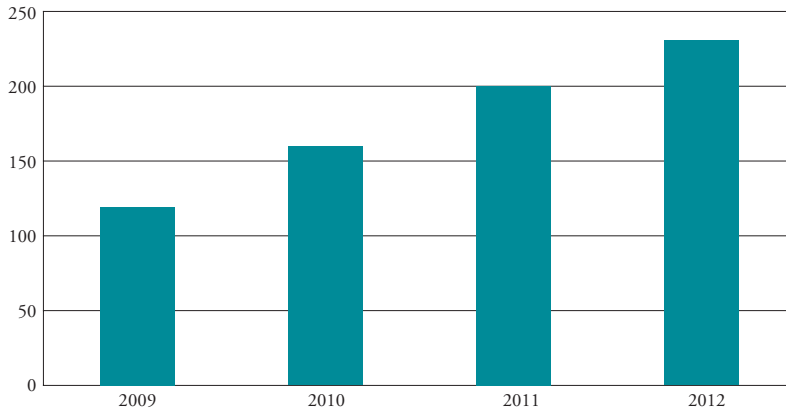
Gráfico 4. Consumo por persona y año en España. En kg/persona/año



Fuente: Panel Consumo Alimentación de España del MAPA.

Nos encontramos ante un mercado actual y de futuro muy favorable que confirma, de nuevo, que la calidad al final es siempre reconocida. Y, sobre todo, que la marca fashion, junto a otras pocas marcas del sector, ha sido capaz de aumentar el consumo de esta fruta al menos 1,6 kg por persona y año, suponiendo sesenta millones de kg de producción en España desde el año 2005 (Gráfico 5).

Gráfico 5. Evolución de la producción de sandía negra sin semillas



5. Las ventajas comerciales de la marca fashion

- *Sabor*, garantizado y diferenciado.
- *Suministro de producto* desde febrero a octubre.
- *Coordinación* comercial.
- *Servicio*, acorde a las necesidades de la cadena de suministro.
- Una continua inversión en *marketing e innovación* orientada al consumidor.
- Marca *Premium*, reconocida a nivel de consumidor.
- *Un precio diferenciado* respecto a otras marcas.
- *Una amplia oferta de productos*, adaptados a las necesidades de cada consumidor.

Figura 4. Diferentes formatos de comercialización



6. Las claves del éxito en la marca fashion

Hay que destacar tres ventajas competitivas muy diferenciadas totalmente ligadas al modelo AGF y a su efecto sinérgico.

Este valor añadido aportado por el modelo, no podría jamás tenerlo una empresa actuando individualmente; pero si puede abordarse con la unión de veinte empresas que son las que componen el Grupo AGF en la actualidad.

- La alta capacidad de inversión en *marketing, publicidad e innovación*, con presupuestos que ya sí te permiten opciones más ambiciosas y eficientes. Las campañas de publicidad han evolucionado en función del grado de posicionamiento de la sandía marca fashion, contando para ello durante los primeros años de posicionamiento con prescriptores de primer nivel nacional como fue el caso de Karlos Arguiñano y Juan y Medio, apoyadas por campañas de *spots* de TV, radio y otros medios de publicidad y comunicación, mientras que en estos últimos años se ha pasado a un mensaje de agradecimiento a los consumidores haciéndolos partícipes del liderazgo actual de la marca ya que, gracias a su fidelidad, sandía marca fashion goza de este privilegiado posicio-

namiento. Sandía marca fashion también cuenta con una alta personalidad de marca perfectamente identificable por los consumidores.

Figura 5. Marca identificable a simple vista



- La *especialización*, el intercambio de conocimiento y el trabajo continuo abordado por los técnicos del Grupo AGF responsables directos en la gestión de la planificación de la producción, de la misma forma genera una previsión a corto, medio y largo plazo muy útil para la correcta comercialización del producto.
- El *servicio*. Es el valor añadido más valorado por la gran distribución, a la cual se le garantiza un programa fiable y óptimo en volumen y calendario.

En definitiva, este modelo de negocio nos permite competir desde una posición más favorable.

7. Especialización

7.1. Reglamentos propios de calidad

Los reglamentos de calidad de AGF (RCSF), se crearon con la intención de protocolizar todos los parámetros que pueden condicionar nuestras plantaciones y los condicionantes a tener en cuenta en el envasado, los mismos han estado sujetos a un desarrollo continuo, que permiten en la actualidad contar con unos protocolos que se han convertido en referente en el mundo de la producción de la sandía. Entre otros aspectos controlan:

- Normas de calidad (Global Gap es obligado en el 100 % de explotaciones).
- Seguridad alimentaria.
- Selección varietal.
- Densidad de plantación.
- Manejo de cultivo (riego, fertilización, polinización, etc.).
- Recolección.
- Protocolo envasado por encima del nivel las normas europeas, especialmente desarrollado para la marca fashion.

7.2. Planificación, previsión y control de la producción en tiempo real

Grupo AGF cuenta en la actualidad con unos modernos sistemas informáticos, únicos en Europa, que trabajan el control de la planificación y previsión en tiempo real. El sistema permite llevar un seguimiento total de cada una de las explotaciones en las que los asociados al Grupo AGF realizan sus plantaciones, la información individual de cada uno de los asociados se concentra en un servidor central, lo que permite un análisis constante de nuestra producción y se convierte en un eficiente sistema de alerta y de simulación de situaciones en función de los parámetros de cálculo internos.

El sistema genera previsiones en función de la información que el mismo ha generado con históricos de más de siete años, conjugando factores tanto geográficos como agronómicos y climáticos.

Figura 6. Captura de pantalla del control de producción

Datos de Producción / Empresa: Agrupadora, S.A. / Campaña 2011 (10/11/2010 - 07/11/2011)

Agricultor: JUAN JOSE JIMENEZ TORRES
Explo.: 559-13 - Sup.: 7500 - Zona: Zona Poniente-Abasco y Costa de Granada (Invernadero)

Características de la siembra:

Pulverizador: JETON C. Biológica Marca de Plantación: Maco 4 a 1 Preparación de Siembra: Fashion 3 y Pulverizador 1
Tipo de Suelo: Suelo Injertado Variación: 0
Técnico: JAVIER FERNANDEZ PERALTA Plantas: 1.875
Sembrador: SEMILLERO LOS CHESPOS Fashion: 1.405 Pulverizador: 405

FASHION POLVERIZADOR

1.- Fecha de Traspunte: 06/01/2011 Ciclo: 110 Factor: 1 2.- Fecha de Referencia: Ciclo: 0 Variación: 0
Eg/m2 Prod.: 3.30 Fecha de Corte: 25/04/2011 Semana Corte: 17
Eg/m2 Prod.: 0 Fecha de Corte: 0
Eg. Previstos: 0 Semana Corte: 0

3.- Previsión Próxima a Corte

Corte 1, 2 y 3 Corte 4, 5 y 6

Semana Corte 1: 0 Semana Corte 2: 0 Semana Corte 3: 0
Eg/m2: 0 Cat. 2/3/4: 0 % Eg/m2: 0 Cat. 2/3/4: 0 % Eg/m2: 0 Cat. 2/3/4: 0 %
Eg.: 0 Cat. 5/6: 0 % Eg.: 0 Cat. 5/6: 0 % Eg.: 0 Cat. 5/6: 0 %
Calidad: 100 % Calidad: 100 % Calidad: 100 %
Causa: Causa: Causa:

4.- Datos Reales de Corte

Corte 1, 2 y 3 Corte 4, 5 y 6

Fecha Corte 1: Semana: Fecha Corte 2: Semana: Fecha Corte 3: Semana:
Eg.: 0 Eg/m2: 0 Eg.: 0 Eg/m2: 0 Eg.: 0 Eg/m2: 0

Observaciones:

Una de las claves del posicionamiento actual del Grupo AGF, es debida a este sistema, ya que la información que desprende es fundamental para canalizar nuestra oferta de producto y política de precios.

7.3. Plan Global Planificación - PGP

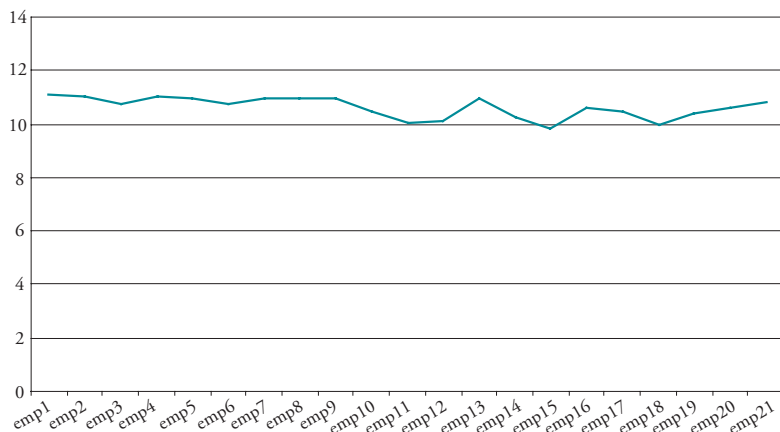
Es obligado, para garantizar un calendario óptimo durante todo el periodo de la oferta, una total programación de la planificación de nuestras plantaciones. En este sentido, AGF ha creado un término llamado PGP siendo este un instrumento por el cual se asigna la superficie de producción de cada una de las empresas de la asociación según unos criterios de evaluación estudiados por AGF antes del comienzo de cada una de las campañas. Podemos decir que Grupo AGF «premia» con superficie de plantación el esfuerzo y compromiso de sus asociados.

7.4. Auditoría externa

La auditoría continua de las marcas del Grupo AGF, permite garantizar el cumplimiento de los reglamentos de calidad del Grupo AGF, algo fundamental para seguir contando con la confianza y fidelidad de nuestros consumidores.

El resultado es comercializar un producto excelente bajo una marca de alta confianza para los clientes. En los últimos cuatro años de trabajo, se han realizado una media de mil setecientas auditorias anuales, lo que permite un control total de la calidad del producto, dando lugar a una garantía a nuestros consumidores, algo totalmente obligado para AGF si quiere seguir liderando el mercado europeo de sandía.

Gráfico 6. Media °Brix del control de calidad



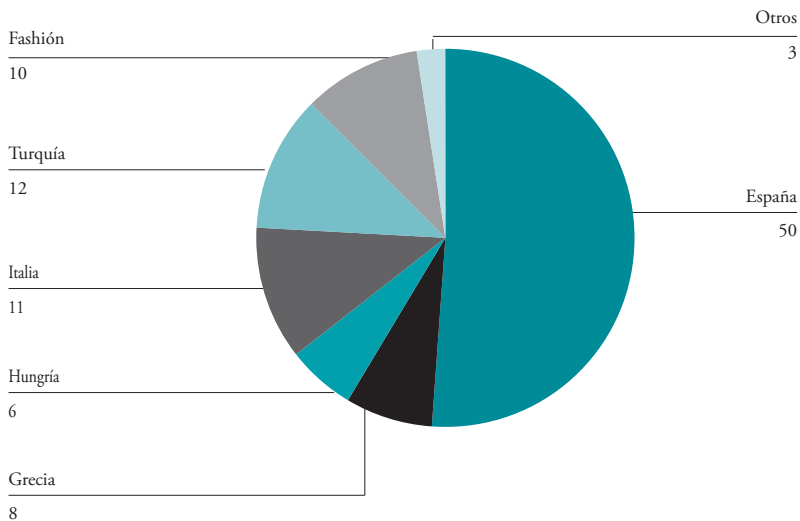
8. Servicio

El servicio es una clara fortaleza del Grupo AGF, el cual se ha convertido en un instrumento clave para fidelizar a los clientes. Como decíamos anteriormente, el servicio es un plus altamente apreciado por la gran distribución. Conseguir un suministro constante de un producto de calidad garantizada en todo el periodo de venta es de extrema dificultad, algo que no está al alcance de empresas que trabajan de manera individual. Un servicio adecuado es el mejor camino para afianzar programas sólidos a nivel comercial.

Grupo AGF ha creado un sistema de colaboración entre sus empresas asociadas que garantiza un adecuado servicio a la red comercial y que constituye un modelo totalmente innovador. En este aspecto modernos sistemas informáticos facilitan esta labor, no siendo necesaria una gran estructura de personal para gestionar un gran volumen de ventas. Estos sistemas coordinan de forma simultánea las necesidades de nuestros clientes, la disposición de nuestros asociados y la logística implicada en el suministro.

Un perfecto ejemplo muy ilustrativo es el Gráfico 7 donde se aprecian los volúmenes exportados por los principales países productores a Alemania, que es el mayor consumidor de sandía Europa tras Italia y España, y en la cual podemos ver el volumen exportado de sandía marca fashion.

Gráfico 7. Volúmenes exportados por los principales países productores a Alemania. En porcentaje

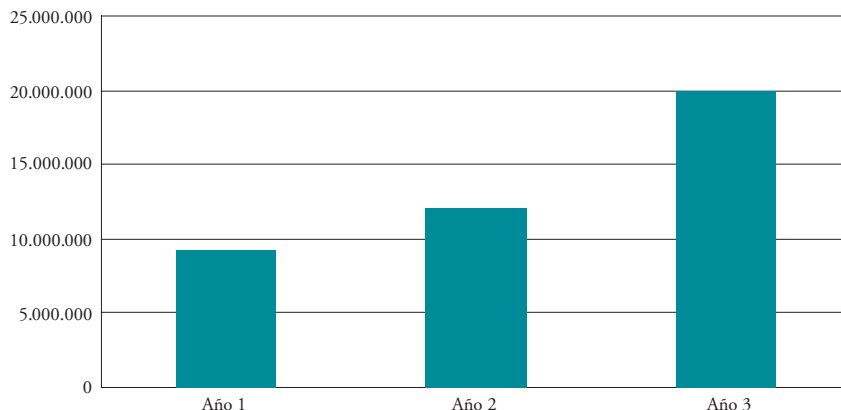


Nuestro país es, con diferencia, el principal proveedor de Alemania y sorprende apreciar cómo el volumen consumido en Alemania con la marca fashion, suministrado por el Grupo AGF (Gráfico 8), se equipara al volumen exportado por el resto de países productores de sandía de Europa e incluso es superior al de países como Hungría.

Esta situación en Alemania indica que el actual suministro ofertado por los países productores europeos está altamente diversificado con demasiados operadores muy limitados en atender correctamente las necesidades actuales

de la gran distribución: óptimo calendario, calidad uniforme y presencia continua en el lineal.

Gráfico 8. Evolución de ventas en Alemania. En toneladas



9. Innovación en producto y concepto

«Actualmente la innovación no es una elección sino una obligación de mercado, pues la empresa que no innove dejará paso a otra idea, a otra empresa».

Continuar Liderando = Apostar por la innovación

Para ello se requieren fuertes inversiones en *marketing* y comunicación para conseguir posicionarse eficientemente en la mente de los consumidores. Este es el gran hándicap en un sector primario tan atomizado que provoca la competitividad y baja rentabilidad de las empresas de producción. Grupo AGF es un consorcio con empresas especialistas que apuesta por innovar, y un consorcio como el Grupo AGF hace posible ejecutar proyectos de esta envergadura.

Somos ambiciosos en proyectos innovadores que aporten un valor añadido que nos asegure en el futuro seguir siendo rentables y diferenciarnos con respecto a los competidores.

Figura 7. Anuncio de sandía fashion Go!



Icebox y la nueva fashion Go!!, son ya una realidad que confirman la apuesta del Grupo AGF por la innovación. Ambos productos están enfocados a satisfacer las necesidades de determinados consumidores, lo cual es una preocupación constante de nuestro grupo.

10. Conclusiones

El Grupo AGF se ha convertido en un referente en el mundo hortofrutícola gracias al esfuerzo y compromiso de todos sus asociados, lo que ha permitido conseguir un modelo de concentración de la oferta, algo de vital importancia para la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas y productores relacionados con este proyecto. Esto ha provocado que se convierta en un modelo defendido por empresas, productores y consumidores.

Conseguirlo no resulta fácil, pero se puede lograr siempre y cuando los intereses particulares de cada uno de los implicados se mantengan al margen, con unos objetivos claros y concisos, y siempre y cuando los que estén dispuestos a participar asuman que en una fase inicial las obligaciones tendrán más protagonismo que los derechos, y eso pasa por una perfecta planificación, implicación y vocación de servicio.

Nuestra ilusión y esperanza es que este modelo se extrapole a otros productos del sector agrario español, ya que de ello dependerá el futuro del mismo, aprovechando esta oportunidad para trasladar nuestra intención de mostrar nuestro apoyo a cualquier iniciativa que intente seguir los pasos del Grupo AGF y trasladar, si fuese necesario, nuestra experiencia para intentar acelerar los procesos que contribuyan a que nuestro modelo sea el pilar en el que se apoye el sector para sostenerse en un mundo en el que la agricultura cada vez está más globalizada, y en un escenario en el que el sector primario en nuestro país, desde el punto de vista económico, por la ubicación geográfica y climática, es una de las mejores apuestas para salir a flote en estos momentos tan complicados.

Agradecimientos

Detrás de un gran proyecto de éxito, como es lograr la consolidación de una marca de productor a nivel de consumidor, sin duda están las personas que lo abordan. Han sido claves tanto el esfuerzo personal como el profesional de una serie de personas, con nombres y apellidos, que de forma altruista han luchado por una comercialización conjunta porque creían en que si se puede hacer si hay voluntad, convencimiento y flexibilidad. «Detrás de un gran proyecto hay grandes personas».

Agradecer el premio de reconocimiento (suscrito en esta página) recibido por el sector en la I edición de los premios de Agricultura organizados por Expo Agro, y una dedicación de forma muy especial a Francisco Gonzalez Parrilla, un gran profesional pero sobre todo una gran persona y un amigo personal que desgraciadamente nos dejó, porque gracias a él sus productores abderitanos plantaron las primeras sandías Fashion, a principios del año 2000, cuando era totalmente desconocida y el cultivo de sandía atravesaba los peores momentos comerciales de su historia. Gracias, Paco, seguro que tú nos dirías que fue un paso pequeño para tan grandes logros; pero ese paso pequeño posibilitó dar «un gran salto en el sector»: ser la primera marca *premium* de productor en España a nivel de consumidor.

El programa de sandía Bouquet

Ángel del Pino Gracia

ANECOOP

1. Introducción

1.1. Anecoop

Anecoop es una cooperativa agrícola de segundo grado, fundada en 1975, que agrupa actualmente a 76 cooperativas de toda España.

El volumen de actividad comercial en la campaña 2010-2011 ascendió a más de 650.000 toneladas de productos frescos, con una facturación superior a los 450 millones de Euros.

Entre los productos comercializados están en primer lugar los cítricos, seguidos de la fruta fresca, destacando la sandía de la que se han llegado a comercializar más de 100.000 toneladas, seguido de otras frutas y hortalizas.

Anecoop se compone de una red de oficinas a escala nacional, con sede principal en Valencia y oficinas en Murcia, Almería y Sevilla, así como una red de oficinas y filiales en los principales mercados europeos: Reino Unido, Francia, Holanda, Chequia, Polonia y Rusia.

Esta estructura comercial, unida a la red que suponen las cooperativas asociadas, convierten a Anecoop en un instrumento con un profundo conocimiento de los mercados, de las demandas actuales y tendencias de los clientes, así como de la producción, a través de los agricultores que forman nuestras cooperativas socias, compartiendo tanto la problemática, como las posibilidades de la producción en nuestro país.

Figura 1. Red de oficinas y filiales de Anecoop, S. Coop.



1.2. El programa de sandías Bouquet

La principal marca de comercialización es BOUQUET, que se utiliza en todos aquellos productos de Anecoop que cumplen con los parámetros de calidad establecidos para cada uno de ellos.

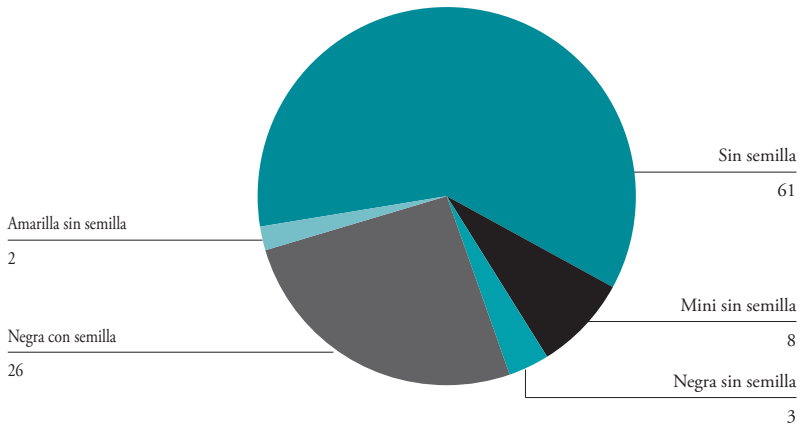
La marca Bouquet, se desarrolla sobre todo de la mano de la sandía, a principios de los años 90. En este artículo queremos exponer cuáles han sido, desde nuestro punto de vista, los factores de éxito del Programa de Sandías Bouquet de Anecoop, así como la situación actual y los retos a los que se enfrenta y que tendrá que abordar para seguir manteniendo su protagonismo en el futuro.

2. Situación actual del programa de sandías Bouquet

Iniciado a principios de los años 90, el Programa de Sandías Bouquet comienza con la introducción de variedades de sandía sin semillas en el mercado. Como cualquier introducción de un nuevo producto tuvo que superar muchos retos, comenzando por la selección de las variedades que se adaptaban a nuestras zonas de producción, desarrollando y transmitiendo el conocimien-

to sobre estas variedades a nuestros agricultores socios, poniendo en marcha un programa de control y gestión de almacenes para el nuevo producto y, por supuesto, haciendo los esfuerzos necesarios para darlo a conocer a los consumidores e introduciendo el producto entre nuestros clientes.

Gráfico 1. Distribución por tipología del programa de sandías Bouquet



El programa comienza por conocer y seleccionar una variedad que aporte las cualidades necesarias para satisfacer tanto a clientes (calidad interna, ausencia de semillas, servicio continuo, etc.), como a nuestros asociados (productividad, conocimiento del cultivo, suministro de semillas y plantas, etc.). A partir de ahí, el programa evoluciona introduciendo variedades que se adaptan a las nuevas necesidades de los consumidores, es decir, diversificándose.

Llegamos así a la situación actual, donde la comercialización ha rondado las 100.000 toneladas, con la gama de sandías Bouquet, que incluye la sandía rayada de carne roja, la sandía de carne amarilla, la sandía de tamaño personal o mini y, más recientemente, la sandía negra sin pepitas como principales productos de la gama.

Figura 2. Gama de sandías Bouquet



Es, por tanto, un programa de producción y comercialización. Esto significa que tiene una parte de organización de la producción, en la que nos vamos a centrar, y otra de organización y distribución comercial, tanto para dar servicio a los clientes actuales, como para seguir desarrollando el mercado.

El programa de producción agrupa a más de veintiséis cooperativas, principalmente en el área mediterránea, plantando dieciocho variedades que se adaptan a las distintas zonas y condiciones de cultivo, de las cuales, ocho son sandías sin semillas y diez con semillas, necesarias para la polinización de las sandías triploides. En la producción trabajamos con más de tres millones de plantas que se hacen llegar al agricultor a través de dieciocho semilleros en las distintas zonas de producción.

Toda esta gestión no sería posible sin la colaboración de las empresas distribuidoras de semillas y variedades, así como de los centros de investigación y universidades con los que hemos estado, y seguimos colaborando para resolver todos y cada uno de los problemas que aparecen cada año.

3. Claves del éxito del programa Bouquet

Son muchos los factores que intervienen en el éxito o fracaso de un proyecto. Desde factores internos, como el diseño inicial del proyecto, los medios que se aportan a su ejecución, la estructura interna y la aportación que al proyecto se hace desde los distintos ámbitos de la empresa, hasta factores externos como el momento del mercado, la madurez del mismo para aceptar un nuevo producto, la existencia de alternativas ofrecidas por la competencia, etc.

El caso del Programa de Sandías Bouquet no es diferente. Podríamos identificar muchos factores que han intervenido en el desarrollo del mismo desde sus inicios, pero los vamos a focalizar, por su relevancia directa con el proyecto, en cuatro:

- a) El desarrollo tecnológico en las variedades de sandía.
- b) La gestión de la calidad.
- c) La integración de los productores en el proyecto.
- d) Los esfuerzos de *marketing* y comunicación realizados.

3.1. Experimentación: departamento de producción y desarrollo

El Departamento de Producción y Desarrollo de Anecoop se crea con el objetivo principal de detectar e introducir nuevas variedades, tanto leñosas como hortícolas, en los programas de producción de las cooperativas, con la finalidad de ofrecer productos innovadores a nuestros clientes y mejorar la rentabilidad de nuestros socios. La introducción de nuevas variedades es parte de la aplicación de la visión empresarial de Anecoop, que ha decidido «ser una empresa líder que a través de su gestión, innovación, calidad y creación de valor, y posibilite a sus socios el desarrollo de una agricultura sostenible».

Para ello, el departamento cuenta en la actualidad con dos campos de ensayo propios:

- a) *Masia del Doctor*: ubicada a diecinueve kilómetros de Valencia, tiene una extensión de unas veinte hectáreas con instalaciones tanto para el cultivo al aire libre como para la evaluación de cultivos protegidos.
- b) *Fundación Universidad de Almería-Anecoop*: situada entre Níjar y Almería, donde se dispone de distintos modelos de invernaderos en los que se desarrollan tanto investigaciones básicas, como proyectos de demostración aplicada.

Además, contamos con la coordinación de los campos de ensayo y productivos de las cooperativas socias, formando una red que nos permite desarrollar un proyecto desde su evaluación inicial, hasta su extensión productiva y comercial.

Uno de los primeros proyectos en los que el Departamento de Producción y Desarrollo está implicado desde sus inicios, es el de sandía. Se trataba inicialmente de encontrar e introducir una variedad de sandía sin pepitas (la innovación en el mercado), que fuera fácilmente distinguible de las variedades que se estaban cultivando (sandía rayada), productiva y adaptable a las distintas condiciones de cultivo de nuestros socios.

Tabla 1. Número y tipología de ensayos de variedades de sandía en la Estación Experimental Masía del Doctor de Anecoop

Año	Tipos		Color carne				Total
	Tripolides	Diploides	Roja	Naranja	Amarilla	Mini	
1986	20	1	21				21
1987	26	3	29				29
1988	84	5	89				89
1989	35	5	40				40
1990	30	3	33				33
1991	45	3	38				48
1992	48	2	50				50
1993	52	2	54				54
1994	61	7	65	3			68
1995	61	25	81	5			86
1996	36	6	38	4			42
1997	20	2	19	3			22
1998	67	25	25	8	9	2	92
1999	22	5	10	12	5	1	27
2000	52		26	16	10	2	52
2001	44		19	18	7	3	44
2002	41	5	37	5	4	4	46
2003	34	6	25	10	5	6	40
2004	35	3	38		6	11	38
2005	26	8	31	3		3	34
2006	24		23		1	4	24
2007	21		18		1	3	21
2008	29	2	27		2	6	31
2009	25		20		5	2	25
2010	18	12	30			3	30
2011	15	2	17			3	17
							1.103

Para alcanzar el estado actual del proyecto se han llevado a cabo ensayos repetidos en los campos de ensayo y áreas de producción de Anecoop. Desde 1986, año en el que se inician las primeras valoraciones de material vegetal, hasta la última campaña de 2011 se han hecho 1.313 ensayos de variedades en nuestros campos de ensayo. En conjunto, más de la mitad de las variedades son materiales vegetales totalmente nuevos, procedentes de las fases finales de evaluación de las empresas de semillas, y el resto son repeticiones para mejorar su cultivo.

Como principales objetivos del trabajo desarrollado por el departamento, debemos señalar los siguientes:

- 1) Ampliar la gama varietal: innovación en cuanto a clientes y mejoras productivas para los socios.
- 2) Solucionar problemas puntuales de cultivo: ahuecado en determinadas condiciones climáticas adversas, o virus en zonas de cultivo específicas.
- 3) Mejorar la producción: aumentar rendimientos y que la mayoría de la producción se ajuste a los calibres y condiciones demandadas por el mercado.
- 4) Evaluar la viabilidad y el interés comercial de los nuevos materiales.
- 5) Determinar las condiciones óptimas de cultivo para las nuevas variedades: cuajado, fertilización, polinización, marcos de plantación, etc.

3.2. Gestión integral de la calidad

La gestión de la calidad del Programa de Sandías Bouquet depende del departamento de Calidad de Anecoop. Formado por un equipo de técnicos que abarcan toda la zona de producción, no solo asesora o vigila el cumplimiento del programa, sino que lleva a cabo los trabajos y ensayos necesarios para mejorar la calidad del producto, definiendo para cada tipología y variedad los parámetros de recolección, la gestión de almacén, y los estándares de calidad requeridos por el cliente.

Los estándares de calidad se detallan en el Sistema de Calidad para la sandía Bouquet, que es de obligado cumplimiento. En él se describen todos los procesos: desde la recolección hasta el transporte para asegurar la calidad y cumplir con la garantía de la marca Bouquet. Se especifican los parámetros

básicos de calidad, azúcar, semillas, color, madurez, daños externos e internos, etc., las tolerancias para los mismos, los tipos de controles y la frecuencia con la que se deben llevar a cabo, así como la metodología usada.

Para asegurar el mantenimiento de la calidad del programa de sandías, se llevan a cabo las siguientes actuaciones:

- 1) La supervisión de la recolección y la asesoría en campo en todas las zonas de producción, intentando establecer correlaciones entre condiciones de cultivo de las partidas y los problemas detectados.
- 2) Garantía de seguridad alimentaria: Certificación Naturane. Un completo nivel de certificación en campo y almacén, adaptado a los estándares de los clientes más exigentes.
- 3) Una normativa de calidad y reglamento de control de empaquetado «dura», orientada a conseguir una calidad que no defraude al consumidor. Hay establecido un reglamento de sanciones interno para aquellos que no cumplan con las normas establecidas.
- 4) Seguimiento del cumplimiento de las normas, tanto en origen como en destino. Se realizan cientos de controles de calidad, incluyendo la organoléptica. Hay un seguimiento constante de la calidad del producto desde el campo hasta el destino final. Únicamente aquellas sandías que cumplan con los requisitos y superen los controles establecidos por nuestro Departamento de Calidad, podrán ser comercializadas bajo la marca Bouquet.

3.3. Integración de esfuerzos en la producción

Uno de los principales éxitos del programa es la integración de las distintas zonas de producción, es decir, de los socios presentes en estas zonas alrededor de un proyecto común, con unos objetivos conjuntos, de manera que el cliente percibe una continuidad en el programa.

El programa se desarrolla a través de las principales zonas de producción de sandías de España, comenzando en la zona de Almería y continuando en la Región de Murcia, Andalucía Occidental, Comunidad Valenciana y finalizando en Castilla-La Mancha.

Figura 3. Situación de las principales zonas de producción que intervienen en el programa de sandías Bouquet



Esto supone, en la práctica, integrar cientos de agricultores a través de decenas de almacenes para presentar una gama de productos estandarizada, de manera que el cliente percibe una continuidad en el programa, y el consumidor tienen asegurado un producto con la calidad Bouquet desde el principio hasta el final de la campaña.

La concentración de la oferta permite también disponer de una fortaleza comercial cada vez más necesaria. Cuando la comercialización en Europa está adquiriendo una fuerza que le permite imponerse a la desestructurada oferta en la mayoría de productos cultivados en nuestro país, el programa de sandía Bouquet ofrece una alternativa que llega a concentrar el 15 % de la producción nacional de sandía, y el 20 % de la exportación.

3.4. Acciones de comercialización y marketing

Desde el inicio del proyecto han sido necesarias continuas acciones de *marketing* para introducir el producto en los distintos mercados de destino. Inicialmente, el producto era totalmente innovador y suponía una ruptura con el mercado existente. Se ofrecía una sandía sin semillas que el consumidor debía aprender a reconocer y valorar por las ventajas que aportaba respecto al producto tradicional: ausencia de semillas junto con una calidad organoléptica estable durante toda la campaña y superior respecto a las sandías con semillas (azúcar, consistencia de la carne, color).

Los esfuerzos han supuesto una fuerte inversión económica, que se sigue realizando anualmente, ya que es necesario tanto afianzar el mercado existente, como introducir nuevos productos, hasta alcanzar la gama actual de sandías que componen el programa.

Estas inversiones han dado como resultado una gran penetración y cuota de mercado en nuestras áreas de destino, lo que permite organizar la comercialización con ciertas «ventajas»:

- 1) Potenciación de las sinergias entre mercados.
- 2) Equilibrio entre las demandas de las cadenas minoristas y de los mayoristas clásicos.
- 3) Tener clientes fidelizados: alto nivel de repetición que mejora la programación comercial cada año.
- 4) Target completo: El programa alcanza a todas las tipologías de consumidores de sandía:
 - Sin pepitas grandes.
 - Sin pepitas mini.
 - Sin pepitas rojas y amarillas.
 - Sin pepitas rayadas y negras.
 - Con pepitas negras y Crimson.
 - Ecológicas.
 - Procesadas y semiprocessadas.

4. Retos futuros

El Programa de Sandías Bouquet ha cumplido veinte años. Durante este tiempo el mercado de sandías al que nos dirigimos ha madurado, y donde antes podíamos hablar de rupturas de mercado con las innovaciones varietales, ahora debemos hablar de procesos de mejora continua. Para mantener el programa y la rentabilidad de nuestros socios, es necesario continuar trabajando todos y cada uno de los puntos a los que se han hecho referencia en este breve artículo.

Podríamos señalar como más importantes los siguientes retos:

- 1) Integrar variedades adaptadas a «especialidades de mercado». Para ello debemos continuar con la evaluación de los nuevos materiales que desarrollan, en su mayor parte, las empresas de semillas. Estamos hablando de especialidades dirigidas al mercado de IV Gama, adaptación de los calibres a las necesidades de los distintos clientes, productos adaptados a nichos muy específicos de consumidores (ecológico, inmigración, funcionales...).
- 2) El injerto sigue siendo una necesidad a no ser que aparecieran variedades con resistencias a los patógenos del suelo. Mientras tanto, el uso de diferentes patrones en el injerto pueden mejorar la precocidad, la calidad y la producción de determinadas variedades. Estamos hablando de seleccionar patrones específicos para determinadas condiciones de suelo, y tener en cuenta la interacción patrón-variedad y su rentabilidad económica para el agricultor.
- 3) Necesitamos mejorar el control sobre determinados problemas fitosanitarios y en la medida de lo posible, encontrar soluciones para los mismos. No hemos hablado de la incidencia de los virus en las producciones de sandía y como, cada vez más, son un factor limitante en determinadas áreas de producción. Por otro lado, el control de plagas y enfermedades es más importante en la medida que se desarrolla el mercado de sandía ecológica.
- 4) Las sandías triploides siguen necesitando de un polinizador. Se están trabajando distintas opciones, todas ellas dirigidas a aumentar la producción de la sandía triploide y mejorar el aprovechamiento del polinizador, bien a través de la mejora en su calidad, bien por su uso en determinados nichos de mercado.

- 5) Puesto que la concentración de la oferta y la integración de distintas áreas de producción en torno a un programa común ha sido una de las claves del éxito del programa, pensamos que acciones integradas de promoción del consumo de sandía y de gestión de la oferta podrían mejorar la rentabilidad del producto para los agricultores. Siguiendo el ejemplo de otros productos, llevar a cabo estudios que demuestren el valor nutricional o los beneficios para la salud del consumo de sandías podría beneficiar el consumo. Por ejemplo: dando a conocer el contenido en licopenos de la sandía y el efecto positivo que estas sustancias tienen en el metabolismo humano.

En definitiva, y en particular para Anecoop, el reto es continuar trabajando en la integración de la producción y la comercialización buscando que el éxito comercial del producto se traduzca en una mayor rentabilidad para nuestros socios.