

# Tomate de industria

Juan Ignacio Macua González<sup>a</sup>, Carlos Campillo Torres<sup>b</sup>

e Inmaculada Lahoz García<sup>a</sup>

<sup>a</sup>INTIA y <sup>b</sup>Cicytex

## 1. Introducción

La zona de origen del tomate es la región andina que hoy comparten Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, donde todavía crecen espontáneamente distintas especies del género (Esquinas y Nuez, 2001).

Se cree que la zona de domesticación del tomate fue México, a partir de la antigua variedad *cerasiforme* de *S. Lycopersicum* (Muller, 1940), y desde allí se difundió hacia el Viejo Mundo (Jenkins, 1948), siendo en el s. XVI cuando los españoles trajeron el tomate al continente europeo (Harvey *et al.*, 2002).

La aceptación del tomate en Europa fue muy diferente de unos países a otros, en algunas ocasiones se consideraba alimento, en otras tóxico y en otros casos se utilizó como planta ornamental. Mientras que en España e Italia se usó en la alimentación humana prácticamente desde su introducción, en la mayoría del resto de países europeos fue usado solo como planta ornamental por la belleza y color de sus frutos. Vale la pena anotar que esta planta en principio se consideró como venenosa, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas y, por tanto, estar relacionada con la belladona y la mandrágora, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas, razón por la cual se le dio el nombre de «manzana del amor». En Italia está documentado su uso alimentario ya en 1554 (Rick, 1978) y, con el paso del tiempo, el tomate se integraría profundamente en la gastronomía italiana, usándose ampliamente en pizzas, ensaladas, salsas y guisos. En España se documenta por primera vez el consumo de esta hortaliza en 1608 (Hamilton, 1976), en la lista de la compra del Hospital de la Sangre de Sevilla, por lo que su consumo ya debía haberse popularizado. Algo más adelante, Tirso de Molina (s. XVII) ya citaba las ensaladas de tomate en su obra *El amor médico* (Dondarini, 2010). Sin embargo, habría que esperar hasta el siglo XVIII para encontrar una descripción agronómica del cultivo en España, que estableciera sin duda que este estaba ya completamente extendido por la península (Quer, 1762-1784).

Según Corominas (1990), tomate es un vocablo que se introdujo en la lengua castellana en 1532. Procede del término *tomatl* o *tomohuac* de la lengua náhuatl de México, que se aplica genéricamente a las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Montes y Aguirre, 1992). Normalmente el vocablo *tomatl* correspondería a la especie *Physalis philadelfica* Lam., mientras que el uso del prefijo *xi* (*xitomatl*) realmente correspondería a *S. lycopersicum* (Long, 1995). El uso indiferenciado de ambos vocablos por los primeros estudiosos españoles daría lugar a la fijación del vocablo tomate en España, mientras que en algunas partes de México se sigue empleando el vocablo jitomate.

El tomate a partir del siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la patata, la hortaliza más difundida y predominante del mundo.

## 2. Características botánicas (morfología, anatomía, fisiología y taxonomía)

El tomate, *Solanum lycopersicum* L., es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. En una primera clasificación taxonómica, Linnaeus en 1753 denominó al tomate cultivado *Solanum lycopersicum*; posteriormente, en 1754, Miller le asigna el género *lycopersicon* y la especie *esculentum*, clasificación comúnmente aceptada hasta que trabajos recientes (Peralta *et al.*, 2006) propiciaron que se volviera a renombrar como *Solanum lycopersicum* L.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y, en las variedades determinadas su crecimiento es limitado mientras que es ilimitado en las indeterminadas. Su fruto, baya bi o plurilocular constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Angarita, 2009), es conocido en todo el mundo y utilizado como hortaliza tanto en fresco como sometido a diferentes procesos de transformación industrial.

Se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas, métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad (Chamarro, 2001). Prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y drenaje. Temperaturas entre 25-30 °C son ideales para su desarrollo vegetativo, crecimiento y cuajado del fruto y no tolera fríos ni heladas. La exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10 °C, una iluminación diurna infe-

rior a 12 horas, un drenaje insuficiente o un abonado nitrogenado excesivo le afectan negativamente (Nuez, 1995).

En el caso del tomate destinado para procesado, las características de calidad externa, como forma y tamaño son importantes; sin embargo, son más relevantes otros caracteres relativos a la calidad interna, como acidez, pH, color (medido como relación a/b) y contenido en sólidos solubles totales (medido como °Brix) y materia seca. Díez (1995) describe las características fundamentales que deben reunir los cultivares de tomate para transformación industrial, debido a la necesidad de adaptarse a la recolección mecánica y al procesado industrial:

- *Planta*: la planta debe ser compacta y de crecimiento determinado, con un buen desarrollo foliar que permita cubrir el fruto y evitar quemaduras en este por radiación solar directa. Para limitar la manipulación en fábrica, el pedúnculo y el cáliz se deben desprender fácilmente de la planta. El cuajado y la maduración requieren también estar concentrados en el tiempo.
- *Frutos*: los frutos deben ser resistentes al agrietado, evitando así facilitar la entrada de hongos parásitos y saprófitos que reducen su calidad. Es importante que presenten la suficiente consistencia como para soportar el proceso de recolección mecánica y el transporte hasta la fábrica sin sacrificar la buena apariencia. Como índices de calidad industrial se busca un color del fruto maduro rojo intenso y uniforme, con valores para la relación a/b (indicador de la intensidad de color) entre 2,2 y 2,5, y un contenido en sólidos solubles superior a 4,5 °Brix. Normalmente, el pH del zumo de tomate está entre 4,2 y 4,4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado. La forma y tamaño del fruto están normalmente asociados a su destino industrial, en general de forma redondeada y pesos de 60 a 100 g para jugo de tomate y concentrado, y forma cilíndrica (tipo «pera») y de 50 a 65 g en el caso de tomate pelado.

### 3. Cultivo

El tomate de industria ha evolucionado muy rápidamente en los últimos treinta años pasando de ser un cultivo manual a estar totalmente mecanizado

en las principales zonas de producción españolas, así como en la mayoría de las mundiales, desde la siembra y plantación hasta la recolección.

### 3.1. Plantación

El tomate requiere una temperatura mínima de 12 °C para un correcto desarrollo, aunque soporta temperaturas más bajas durante breves períodos de tiempo. Por ello existen diferentes ciclos de plantación en función del área de cultivo. En la zona sur, Extremadura y Andalucía, es un cultivo cuya siembra se inicia en febrero y las plantaciones en marzo-abril, prologándose la cosecha desde primeros de julio hasta septiembre. Sin embargo, en la zona del valle del Ebro, con una climatología más limitante para el cultivo de tomate de industria, las siembras se inician en marzo-abril para plantaciones de inicios de abril a junio y recolecciones desde primeros de agosto a finales de octubre. En todas las zonas se realizan programaciones de cosecha con diferentes fechas de plantación y ciclo de variedades (Macua *et al.*, 1999) para escalonar en lo posible la entrada del tomate en la industria. En el valle del Ebro la utilización de material de acolchado ha permitido prolongar el ciclo del cultivo, anteriormente restringido a plantaciones de mitad de mayo a junio, por las temperaturas limitantes. Actualmente el acolchado plástico de polietileno utilizado ha sido sustituido en su totalidad por acolchado biodegradable, que desempeña las funciones propias de un material de acolchado (precocidad, control de malas hierbas, etc.) pero que no es necesario retirarlo una vez finalizado el cultivo debido a su degradación (Macua *et al.*, 2009; Macua *et al.*, 2013a).

La plantación ha evolucionado mucho en el tomate de industria, pasando de planta a raíz desnuda a planta a cepellón. Otras técnicas como la siembra directa tampoco se emplean debido al coste de la semilla y los problemas con las malas hierbas. Actualmente todo el tomate de industria se realiza con planta a cepellón. El tamaño del cepellón es diferente según la zona de cultivo; por ejemplo en Extremadura se utilizan bandejas, principalmente de plástico, de 260 alvéolos y plantación mecánica, mientras que en Navarra se emplea mayoritariamente cepellón 3 x 3 (bandejas de poliestireno de 216 alvéolos) con dos plantas por cepellón (Macua *et al.*, 2016) y plantación manual por la utilización de material de acolchado plástico, ya que las máquinas plantadoras que existen en este momento para este caso todavía presentan muchos problemas.

**Figura 1. Bandeja de cepellón para plantación mecánica**



Las densidades de plantación más habituales son de 25.000 a 35.000 plantas/ha en mesetas con una fila de plantas. En el caso de Navarra, al emplearse cepellones a dos plantas, la densidad es la dicha anteriormente pero el número de cepellones pasa a ser de 18.000 a 20.000 cepellones/ha (Macua *et al.*, 2016).

**Figura 2. Colocación de acolchado antes de la plantación**



**Figura 3. Platación de cepellón a dos plantas**



**Figura 4. Plantación con máquina sobre acolchado en dos líneas**



**Figura 5. Plantadora sobre suelo sin acolchar**



### *3.2. Riego y fertilización*

El sistema de riego (gravedad, aspersión, goteo superficial o enterrado), así como la utilización de cubiertas plásticas para adelantar la fecha de plantación y/o controlar las malas hierbas, son aspectos que pueden modificar el consumo de agua y es interesante tenerlos en cuenta para programar el riego de forma eficiente. No obstante, cada vez más, el principal sistema de riego en tomate de industria es el goteo junto con el aporte de fertilizantes por fertirrigación.

Una programación de riego eficiente será la que ponga a disposición del cultivo el agua que necesita a lo largo de todo su ciclo. Aplicaciones de agua mediante riego superiores a las necesidades del cultivo o distribuida de forma incorrecta supondrán pérdidas de agua, bien por debajo de la zona de raíces o por escurrimiento por la superficie de la parcela. Además, el exceso de agua arrastrará nutrientes y suelo fértil, incrementando los costes de cultivo de forma injustificada y contribuyendo a la contaminación de acuíferos y cauces de agua.

El consumo de agua, o necesidades hídricas del cultivo, depende de dos aspectos fundamentales: de las condiciones meteorológicas (estimadas por la  $ETo$ ) y del estado de desarrollo del cultivo (en función de la  $Kc$ ). En el tomate de industria el período comprendido entre el transplante y la recolección se puede dividir en 4 fases y en cada una de ellas las necesidades hídricas serán diferentes:

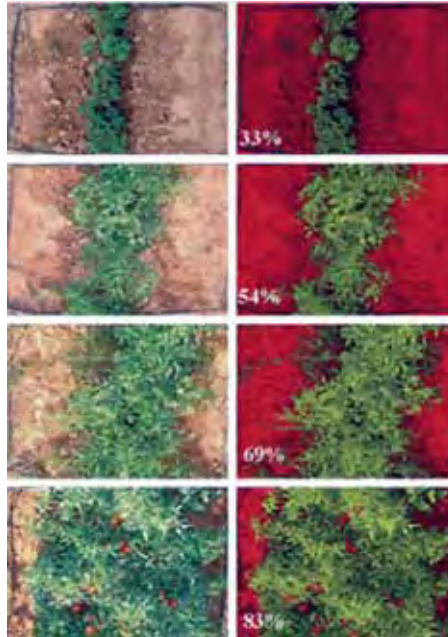
1. *Fase de postransplante* (fase I): esta fase se inicia con el trasplante. La duración depende en cierta medida de la recuperación de la planta al estrés del trasplante y se considera que finaliza cuando el cordón de plantas alcanza un porcentaje de suelo cubierto de un 5 %.
2. *Fase de crecimiento rápido* (fase II): durante esta fase las plantas tienen un crecimiento muy rápido, el porcentaje de suelo cubierto pasa rápidamente de un 5 % hasta alcanzar valores del 80 %. Esta es también una etapa de crecimiento muy activo de raíces, de forma que al final de la misma suelen alcanzar el máximo desarrollo en profundidad. Aquí tiene lugar la floración y cuajado; por tanto, un déficit de agua en este período provocará abortos de flores y tendrá consecuencias negativas: menor número de frutos cuajados, prolongación de la floración y cuajado provocando menor uniformidad en la maduración, y frutos con podredumbre apical. Todo ello supone una pérdida clara de cosecha; por ello, en esta fase es fundamental garantizar que el cultivo esté en óptimas condiciones hídricas.
3. *Fase de crecimiento de frutos* (fase III): se inicia tras el cuajado, y dado que este se produce de forma escalonada, tampoco hay un momento exacto de inicio, ya que en una misma planta encontraremos frutos en diferente estado de desarrollo. Consideraremos el inicio cuando se estabiliza el crecimiento de la vegetación.
4. *Fase de maduración* (fase IV): los frutos comienzan a cambiar de color, pasando de verde a rojo.

**Figura 6. Cultivo en fase de crecimiento rápido**





**Figura 7. Porcentajes de suelo cubierto**



La duración de cada fase dependerá del ciclo del cultivar y de las condiciones meteorológicas, principalmente de la temperatura, ya que cuando son bajas tiende a alargarse la duración de las fases y cuando son altas tienen el efecto contrario.

El coeficiente de cultivo correspondiente al tomate de industria es diferente en función de las condiciones de cultivo; es decir, hay un coeficiente válido para cultivo a suelo desnudo con riego superficial ( $K_c$ ) y otro para condiciones de suelo con reducida o nula evaporación desde el suelo, como es el caso de superficies acolchadas o riegos enterrados ( $K_{cb}$ ). En la Tabla 1 se presentan los valores de estos coeficientes en las distintas fases del cultivo de tomate de industria, relacionadas con el suelo sombreado por el cultivo. En dos de las fases se proporciona un rango de valores de  $K_c$  y  $K_{cb}$  (fases II y IV), lo que significa que la fase se inicia con el primer valor, llegando de forma lineal, creciente (fase II) o decreciente (fase IV) hasta el segundo valor, que se alcanzará al final.

**Tabla 1. Valores de Kc y Kcb durante las diferentes fases del cultivo de tomate de industria**

Fase de cultivo	Días ciclo	Suelo sombreado (%)	Kc riego goteo superficial	Kcb riego goteo enterrado o bajo acolchado
Transplante (fase I)	10	0-5	0,40	0,20
Vegetativa (fase II)	50	5-80	0,4-1,30	0,20-1,15
Crecimiento de frutos (fase III)	35	80	1,30	1,15
Maduración (fase IV)	25	80-60	1,30-0,6	1,15-0,6
<b>Total ciclo</b>	<b>120</b>			

Fuente: extraído del *Manual Práctico Riego en Tomate de Industria* (2015).

El riego es uno de los factores que más influyen en la producción y calidad final del cultivo de tomate de industria. Estrategias de riego como el riego deficitario (RD), es decir, la aplicación de volúmenes de agua por debajo de las necesidades hídricas, han sido ampliamente estudiadas (Obreza *et al.*, 1996; Pulupol *et al.*, 1996; Kirda *et al.*, 2004) obteniendo un mayor contenido de sólidos solubles pero con una menor producción (Prieto y Rodríguez del Rincón, 1994; Dalvi *et al.*, 1999; Harmanto *et al.*, 2005; Campillo, 2007). El diseño de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) persigue optimizar el uso del agua induciendo estrés solo en períodos no críticos para la producción. El tomate es sensible al estrés hídrico (Nuruddin *et al.*, 2003) y requiere un suministro de agua constante y adecuado durante el período vegetativo, siendo la etapa reproductiva (floración-cuajado) la más sensible al déficit (Waister y Hudson, 1970), por lo que se recomienda aplicar una estrategia de RDC en la fase de crecimiento y maduración de los frutos.

En ensayos realizados por Lahoz (2015) se ha visto que el riego deficitario continuado (75 % ETc) supone, además de un ahorro de este recurso limitado (28,2 %), un mayor contenido en sólidos solubles totales (8,4 %), pero una reducción del 16,4 % de la producción. Por el contrario, con un riego deficitario controlado, con solo reducción del riego tras el cuajado (100-50 % ETc) se obtiene un mayor ahorro de agua (31,7 %), una menor reducción media de la producción comercial (12,9 %) al no provocar un estrés a la planta en un momento crítico de su desarrollo (floración-cuajado) y, además, un aumento del contenido en sólidos solubles totales (10,4 %), lo que implica un mayor incremento de la calidad organoléptica que con un riego deficitario continuado.

Una nutrición vegetal adecuada y equilibrada es esencial para el desarrollo de la planta, el rendimiento y la calidad del fruto. El tomate para procesado es

un cultivo con altos requerimientos de nutrientes, capaz de extraer 445 kg N/ha durante el período de crecimiento (Vázquez *et al.*, 2006) y los agricultores suelen aplicar niveles de nitrógeno superiores a las necesidades del cultivo para evitar riesgos de una bajada de producción, con los perjudiciales efectos medioambientales que ello conlleva. Para Hartz y Bottoms (2009) una aplicación de 200 kg N/ha es suficiente para maximizar la producción de este cultivo en fertirrigación.

En la Norma Técnica Específica de Producción Integrada de Tomate para Transformación Industrial en la comunidad autónoma de Extremadura en el apartado de fertilización es obligatorio hacer la aportación de nutrientes en función de la extracción del cultivo. Las cantidades máximas a aplicar se fijan en función de la producción prevista y son 3 kg N/t, 1,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t, 4 kg K<sub>2</sub>O/t, 1 kg Mg/t y 2 Kg Ca/t. Muy similares son las aportaciones máximas en la Normativa Específica de Producción Integrada para este cultivo en Andalucía, en la que además se prohíbe superar por hectárea y campaña 300 kg N/ha, 160 kg P/ha y 300 kg K/ha. En Navarra en producción integrada las dosis máximas aconsejadas son 120-140 kg N/ha, 180 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 250 kg K<sub>2</sub>O/ha.

### *3.3. Recolección*

En tomate de industria la recolección ha pasado de ser manual y escalonada, en dos o más pases, a totalmente mecanizada en la actualidad. La obtención de cultivares con maduración agrupada ha sido fundamental para el salto a la mecanización en la recolección.

La recolección mecanizada es el punto clave del cultivo del tomate de industria, al que deben subordinarse el resto de las técnicas de cultivo si se quiere tener éxito con la mecanización. El desarrollo de las primeras cosechadoras, junto con el de las variedades de maduración agrupada, se produjo en California a principios de los años 60. Rápidamente se extendió su uso por todo el país y en la actualidad, prácticamente todo el tomate de industria producido en Estados Unidos se recoge mecánicamente. Europa sigue esta tendencia, lo que ha provocado una evolución en la tecnología utilizada y la adaptación tanto de las variedades de tomate como de los sistemas de cultivo empleados.

La mecanización de la recolección se ha visto favorecida en los últimos años por una serie de factores, entre los que destacan: la disminución de la renta agraria, la escasez de mano de obra especializada y la mejora de la tecnología utilizada en la recolección.

**Figura 8. Campo preparado para recolectar**



Los diversos tipos y modelos de máquinas cosechadoras de tomate trabajan de forma muy parecida y constan esencialmente de un sistema de corte y elevación de las plantas, un sistema de separación de los frutos, bandas de clasificación para seleccionar el tomate para comercializar y eliminar el resto de productos (tomates verdes, hojas, tierra, etc.) y carga a remolque. Las mayores diferencias aparecen en los sistemas de separación de la planta y la disposición de las cintas de la mesa de selección, aunque también existen diferencias en la forma del elevador y en las soluciones que cada marca ha empleado para evitar que el tomate se caiga durante el proceso de descarga (Jarén *et al.*, 2002). La descarga en los remolques se puede realizar en bañera o *palots* sobre remolques.

La recolección se ve condicionada por la capacidad de las industrias de procesar el producto que va llegando. España es el país mediterráneo con la campaña de tomate de industria más larga. El período de recolección comienza a mediados de julio y acaba a finales de octubre.

La agrupación de la maduración de los cultivares es fundamental cuando la recolección se efectúa de una sola vez y se estudia por medio de las proporciones que sobre la producción total de frutos supone la recolección de frutos maduros comerciales, de los verdes y de los inservibles. El criterio de recolección que normalmente se sigue es recoger cuando hay un porcentaje de fruto rojo comercial de un 80-85 %, pero siempre que el peso de fruto pasado o sobremaduro no exceda de un 5 %, intentando cosechar en estado de plena

madurez para optimizar los parámetros de calidad como color, contenido de sólidos solubles, pH, contenido en ácidos, vitaminas y sabor.

**Figura 9. Cosechando**



### *3.4. Nuevos tipos y cultivares*

La introducción de cultivares híbridos, con mayor potencial productivo, y el empleo de técnicas de cultivo como el riego por goteo, aporte de fertilizantes por fertirrigación, etc., han contribuido a un incremento sustancial de la producción.

Las variedades de tomate deben adaptarse a la recolección mecanizada y las condiciones para ello son las siguientes:

- La planta debe ser de porte compacto y crecimiento determinado.
- La maduración debe estar concentrada.
- El fruto debe desprenderse fácilmente de la mata sin pedúnculo ni cáliz (gen *jointless*) y debe tener una firmeza adecuada para resistir las acciones mecánicas durante la recolección. La piel también debe ser resistente al raspado y a la punción.
- La presión de turgencia no debe ser excesiva para evitar que los tomates «estallen». Para ello también es importante el momento del corte de riego.

La variabilidad del material existente es muy grande, tanto por los tipos de tomate que se producen como por el gran surtido de cultivares que tienen las casas comerciales en sus catálogos y que hay que diferenciar muy bien por su destino final (Macua *et al.*, 2013b; 2015; 2016).

**Figura 10. Cultivar que se puede destinar a otros usos**



**Figura 11. Cultivar destinado para pelado**



La evolución de la industria, con demanda de nuevos productos, ha propiciado la entrada en el mercado de diferentes cultivares en función del uso al que van destinados. Por ejemplo, existen algunos destinados a tomate triturado, concentrado, salsas, a pelado entero (con unas especificaciones diferentes en cuanto a forma y tamaño), a congelado, donde se emplean los denomina-

dos *all flesh* o todo carne, que carecen de suero, por lo que se adaptan muy bien a la elaboración de rodajas o cubitos. También existen cultivares de alto contenido en licopeno (Macua *et al.*, 2013b), que se caracterizan generalmente por un mejor color y mayor calidad organoléptica y funcional, los cuales se derivan normalmente a mercados que estén dispuestos a pagar un precio más alto por los productos obtenidos con este tipo de tomate, con un potencial productivo inferior.

Entre los tipos de tomate, el pelado tiene una tendencia descendente en superficie y producción, pues a pesar de que existe una cierta revalorización de este producto en el mercado, al atribuirle una mayor calidad, la demanda no aumenta. A ello se le suma un proceso de elaboración más meticuloso y complicado, lo mismo que en el caso del cultivo.

**Figura 12. Entrega del producto en fábrica**



Los programas de mejora genética comerciales, que han atendido principalmente a aspectos como la productividad, resistencia a enfermedades, uniformidad del producto o a la calidad externa (Prohens y Nuez, 2008a, 2008b), van incorporando paulatinamente entre sus objetivos la mejora de las propiedades organolépticas (Casañas y Costell, 2006); por ejemplo, buscando un incremento de sólidos solubles (Fridman *et al.*, 2002; García y Barrett, 2006) y la mejora del contenido en compuestos beneficiosos para la salud hu-

mana y que prevengan enfermedades (Cámara, 2006 y Diamanti *et al.*, 2011). Esta última tendencia se justifica ya que, a pesar de que el tomate no se caracteriza por presentar un valor nutritivo especialmente elevado (al ser un fruto esencialmente acuoso), el volumen de tomate consumido, con un promedio de más de 25 kg por persona y año en la mayor parte de los países europeos, hace que se establezca como uno de los productos hortícolas que desempeña una función más significativa en la dieta humana.

### 3.5. Plagas y enfermedades

Las plagas más importantes en el cultivo del tomate son orugas, trips y mosca blanca, aunque en algunas campañas podemos añadir los pulgones con un nivel importante, los eriódidos y la araña roja (Biurrun *et al.*, 2012).

Las principales orugas son *Helicoverpa armigera* o taladro del tomate, cuyos daños larvarios provocan la caída de flores y frutos jóvenes, quedando los más maduros deteriorados e inservibles, y *Tuta absoluta* o polilla del tomate, que afecta tanto a hojas como a frutos. Ambas orugas causan daños importantes en función de la época del año que entran al cultivo, aunque normalmente en tomate de industria se solapan los daños de las dos clases de orugas.

Los pulgones, fundamentalmente las especies *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis gossypii*, además de ser transmisores de virosis, pueden ocasionar daños directos de consideración, en particular al favorecer la negrilla, aunque en general solo en estados vegetativos tempranos del cultivo.

Otras especies que pueden ocasionar daños importantes, aunque normalmente de forma ocasional y/o localizada, son la gardama *Spodoptera exigua*, el ácaro del bronceado *Aculops (Vasates) lycopersici*, las arañas rojas *Tetranychus urticae* y *Tetranychus turkestanii* y los minadores de hojas *Liriomyza* spp.

Por último, dos insectos son vigilados estrechamente por su potencial como vectores de virosis. Estos son el trips *Frankliniella occidentalis*, capaz de transmitir eficazmente el «virus del bronceado del tomate» (TSWV), y la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que además de producir daños en hoja por su forma de alimentación, que consiste en chupar la savia de la planta y excretar parte de los azúcares en forma de melaza, lo que genera negrilla sobre hojas y frutos, es capaz de transmitir el «virus de la cuchara del tomate» (TYLCV).

Las enfermedades del tomate pueden estar causadas por patógenos pertenecientes a cinco grupos: hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nemato-



dos. Incluimos aquí otro grupo adicional, las fisiopatías, causadas por agentes abióticos.

Dentro de los hongos hay que destacar por su peligrosidad, cuando hay inóculo y se dan las condiciones óptimas de desarrollo, al «mildiu aéreo», *Phytophthora infestans*, que puede arrasarse campos enteros en muy poco tiempo. Una de las especies que más se diagnostica es el «mildiu terrestre», *Phytophthora nicotianae*, que puede causar importantes daños, sobre todo en las primeras semanas después del trasplante. Ocasiona podredumbres en el cuello y raíces, lo que debilita a la planta y puede provocar su muerte. En muchos casos el ataque va acompañado de *Rhizoctonia solani*, lo que agrava los daños. También se detectan problemas por alternaria (*Alternaria* spp.), cuyos síntomas más característicos son manchas marrones bien delimitadas, con anillos concéntricos, principalmente sobre hojas y tallos.

**Figura 13. Síntoma en planta de *Phytophthora infestans***



*Alternaria solani*, *Pythium ultimum* y *P. aphanidermatum* son responsables de caída de plántulas (*damping off*), bien por lesiones en el cuello (*A. solani*), o bien en cuello y raíces (*Pythium* spp.).

En la fase de maduración de los frutos, estos pueden verse afectados por diversos hongos que causan podredumbre, principalmente alternaria, pero también antracnosis (*Colletotrichum coccodes*), *Geotrichum candidum*, etc.,

apareciendo normalmente varios hongos sobre un fruto, que penetran a través de la cutícula y heridas.

La bacteria *Pseudomonas syringae* pv. tomato es muy frecuente en los semilleros con condiciones de humedad elevada y tiempo fresco, atacando también en terreno de asiento. Los síntomas foliares, manchas pardas en hoja, son similares a los causados por la bacteria de cuarentena *Xanthomonas vesicatoria*.

Aunque son varios los virus detectados en tomate de industria, por ahora solo dos especies han tenido en momentos determinados alguna repercusión, el TSWV y el TYLCV. Está presente el fitoplasma Stolbur de las solanáceas, que causa deformaciones y abortos florales, pero normalmente no tiene incidencia grave. Dentro de las fisiopatías la más habitual es la «podredumbre apical del fruto» y por último, aunque casi todas las variedades de tomate de industria incorporan genes de resistencia a nematodos, en algunas plantas analizadas se observan nódulos radiculares provocados principalmente por *Meloidogyne incognita*.

**Figura 14. Planta infectada por el virus de la cuchara**



En las zonas productoras de tomate españolas se realiza un seguimiento muy exhaustivo por parte de los equipos de sanidad vegetal de estas regiones (Red de Alerta e Información Sanitaria de la Junta de Andalucía, Estación de Avisos de INTIA en Navarra...) para comunicar los avisos de tratamientos

tanto de plagas como de enfermedades. Ello ha permitido una reducción importante del empleo de fitosanitarios por parte del agricultor.

**Figura 15. Planta infectada del virus del bronceado del tomate**



#### **4. Composición**

El tomate contiene aproximadamente un 94 % de agua, y el 6 % restante es una mezcla compleja en la que predominan los azúcares y ácidos orgánicos, que contribuyen a dar al fruto su textura y sabor característicos (León, 2009). Constituye uno de los frutos de mayor interés en la nutrición humana por los beneficios que aporta su ingesta, debido a su riqueza en vitaminas, principalmente provitamina A y vitamina C, elementos minerales como el potasio, alto contenido de fibra soluble e insoluble, compuestos funcionales y gran cantidad de agua.

La calidad debe definirse en función del uso al que va a ser destinado el producto. Las características ideales del tomate están relacionadas con un color rojo intenso, niveles altos de consistencia y un sabor, olor y/o aroma característico del fruto de tomate (Kalamaki *et al.*, 2003).

El sabor del tomate guarda una relación directa con su composición química (Tabla 2), especialmente con el contenido de azúcares reductores y ácidos orgánicos, que va a variar dependiendo de la especie considerada y del grado de madurez del fruto (Roselló y Nuez, 2006).

**Tabla 2. Composición química del fruto de tomate maduro**

Grupo	Constituyente	Contenido (g/100 g peso seco)
Azúcares	Fructosa	25,0
	Glucosa	22,0
	Sacarosa	1,0
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	9,0
	Ácido málico	4,0
Minerales	Minerales	8,0
Sólidos insolubles en alcohol	Proteínas	8,0
	Pectinas	7,0
	Celulosa	6,0
	Hemicelulosa	4,0
Otros	Aminoácido dicarboxílico	2,0
	Lípidos	2,0
	Ácido ascórbico	0,5
	Pigmentos	0,4
	Otros aminoácidos, vitaminas y polifenoles	1,0
	Compuestos volátiles	0,1

Fuente: Petro-Turza (1987) y Yilmaz (2001).

El contenido de sólidos solubles es muy dependiente del contenido de azúcares totales y los frutos deben marcar un mínimo de sólidos para ser cosechados. Es particularmente importante en la industria del procesado, y probablemente ha recibido más atención que cualquier otra característica del fruto, por ser el índice que más influye sobre el rendimiento industrial (Ciruelos *et al.*, 2007) cuando el objetivo del proceso de transformación es aumentar la concentración de sólidos solubles hasta los límites requeridos por la legislación (puré de tomate, pasta, concentrado simple, doble concentrado, concentrado triple, etc.), la deshidratación o ambos. Los procesadores de tomate pueden llegar a pagar mayor precio por tomates con mayor contenido en sólidos solubles, debido al menor requerimiento de frutos para producir el elaborado de tomate deseadado.

El color rojo del fruto de tomate es determinado principalmente por el contenido en licopeno (Martínez-Valverde *et al.*, 2002). Hay distintos autores que señalan una buena correlación del color, medido como ratio Hunter a/b, con el contenido en licopeno en los diferentes estados de maduración del

tomate (Brandt *et al.*, 2006) aunque este tipo de correlaciones es muy dependiente del material vegetal considerado.

El tomate y sus productos derivados son una buena fuente de compuestos bioactivos para la salud y, no solo por la concentración de los mismos, sino por el alto consumo de este tipo de alimentos en el mundo, segundo en el *ranking* de productos consumidos. Raffo *et al.* (2003) estudiaron fuentes de vitamina C, E y carotenoides específicos y establecieron que el tomate es la primera fuente de licopeno, segundo como fuente de vitamina C y  $\beta$ -caroteno y tercero como fuente de vitamina E.

## 5. Economía del cultivo

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al crecimiento en el rendimiento y, en menor proporción, al desarrollo de la superficie cultivada.

Es el segundo cultivo hortícola por volumen de producción con más de 160.000.000 t, de las que aproximadamente un 25 % se destinan a diferentes procesos de transformación industrial. Este volumen de procesado le sitúa como la materia prima más importante de la industria de conservas hortícolas.

La producción mundial de tomate para procesado ha seguido una tendencia creciente hasta 2009, año de máxima producción, con 42.000.000 t. A partir de este momento disminuye hasta 2013, momento en que se empieza a revertir esta tendencia descendente.

En la Tabla 3 se refleja la evolución de la producción en los principales países productores de tomate de industria desde 2009 hasta 2015. California ocupa el primer lugar, con un 31,5 % del total mundial. Le siguen en orden descendente y, a bastante distancia, China con 5,6 millones de toneladas, Italia (5,4 millones de toneladas), España, Turquía y todos los países del hemisferio norte, donde se produce en torno al 90 % de la producción mundial. Hay que destacar a China, que en los últimos años se ha establecido en el mercado mundial de semielaborados de tomate, habiendo incrementado su producción de forma importante e influyendo en el sector, obligando a reajustar precios en el mercado.

**Tabla 3. Evolución de la producción mundial de tomate de industria.  
En millones de toneladas**

Zona de Producción	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Unión Europea	11,58	10,26	9,27	8,94	8,01	10,31	11,17
<i>Italia</i>	<i>5,75</i>	<i>5,08</i>	<i>4,95</i>	<i>4,50</i>	<i>4,08</i>	<i>4,91</i>	<i>5,40</i>
<i>España</i>	<i>2,70</i>	<i>2,38</i>	<i>1,99</i>	<i>1,94</i>	<i>1,65</i>	<i>2,70</i>	<i>3,03</i>
<i>Portugal</i>	<i>1,24</i>	<i>1,28</i>	<i>1,07</i>	<i>1,19</i>	<i>1,00</i>	<i>1,20</i>	<i>1,60</i>
Oriente próximo	5,63	4,50	5,79	5,24	5,48	5,84	6,09
<i>Turquía</i>	<i>1,80</i>	<i>1,28</i>	<i>1,94</i>	<i>1,75</i>	<i>2,15</i>	<i>1,80</i>	<i>2,70</i>
<i>Irán</i>	<i>2,40</i>	<i>1,40</i>	<i>1,85</i>	<i>1,75</i>	<i>1,90</i>	<i>2,20</i>	<i>1,40</i>
Norteamérica	13,16	12,06	11,91	12,45	11,82	13,55	13,78
<i>EEUU (California)</i>	<i>12,07</i>	<i>11,16</i>	<i>11,07</i>	<i>11,46</i>	<i>11,02</i>	<i>12,70</i>	<i>13,30</i>
<i>Canadá</i>	<i>0,50</i>	<i>0,47</i>	<i>0,43</i>	<i>0,50</i>	<i>0,32</i>	<i>0,34</i>	<i>0,48</i>
Asia	8,70	6,25	6,82	3,27	3,89	6,34	6,28
<i>China</i>	<i>8,66</i>	<i>6,21</i>	<i>6,79</i>	<i>3,23</i>	<i>3,85</i>	<i>6,30</i>	<i>5,60</i>
Brasil	1,15	1,80	1,59	1,29	1,50	1,40	1,30
Hemisferio norte	40,22	34,87	35,38	31,19	30,70	37,44	38,62
<i>Chile</i>	<i>0,62</i>	<i>0,86</i>	<i>0,79</i>	<i>0,67</i>	<i>0,68</i>	<i>0,81</i>	<i>0,85</i>
<i>Argentina</i>	<i>0,45</i>	<i>0,39</i>	<i>0,36</i>	<i>0,36</i>	<i>0,42</i>	<i>0,39</i>	<i>0,54</i>
<i>Australia</i>	<i>0,27</i>	<i>0,27</i>	<i>0,09</i>	<i>0,16</i>	<i>0,19</i>	<i>0,22</i>	<i>0,29</i>
Hemisferio sur	2,31	2,50	2,31	2,25	2,30	2,42	2,71
Producción mundial	42,53	37,37	37,69	33,44	33,00	39,86	41,33

\* Se señala la producción de los principales países productores en cada zona.

Fuente: World Processing Tomato Council (WPTC), 2015.

En Italia y España se produce la mitad del tomate de industria de la Unión Europea, seguidos de Portugal. Todos los países que integran AMITOM (Asociación Mediterránea Internacional de Tomate Transformado), es decir, los de la Unión Europea más Ucrania, Argelia, Egipto, Irán, Israel, Rusia, Marruecos, Siria, Túnez y Turquía han incrementado sus producciones en 2015 con respecto a 2013 en un 28 %.

España produce actualmente más de 3.000.000 t, casi el 18 % del volumen procesado dentro de los países pertenecientes a AMITOM. En España las principales zonas productoras de tomate para industria son Extremadura, Andalucía y valle del Ebro (Tabla 4), siendo Extremadura, especialmente en la zona de Las Vegas del Guadiana, la región más importante, ya que supone un

70 % de la producción total del tomate de industria en España. En 2015 se han visto incrementadas la producción y la superficie nacionales de este cultivo respecto a 2014 en un 12 y un 17 %, respectivamente.

**Tabla 4. Superficie de cultivo y producción de tomate de industria en España en 2015 (Previsión)**

Zona de producción	Superficie (ha)	Producción (t)	RTO (t/ha)
Extremadura	24.180	2.117.000	87,6
Andalucía	6.120	649.000	106,0
Valle del Ebro	2.800	205.000	73,2
Resto	1.135	85.000	74,9
<b>Total España</b>	<b>34.235</b>	<b>3.056.000</b>	<b>89,3</b>

Fuente: AGRUCON.

El cultivo de los tomates destinados a la industria tiene lugar principalmente en las áreas donde se localizan las fábricas: cerca de tres cuartos del tonelaje en Extremadura (irrigado por el río Guadiana), 10 % en Andalucía, 12 % en el valle del Ebro (Navarra, Rioja y Aragón) y el resto en otras áreas como Toledo, Murcia, Valencia y el delta del Ebro.

Aunque en Andalucía también hay industrias procesadoras, depende fundamentalmente de las industrias de Extremadura, donde se elabora principalmente tomate concentrado de la pulpa de tomate y dados y, en menor medida, tomate en polvo, tomate frito, salsas de tomate, ketchup y tomate triturado. En Navarra, hasta hace unos años, el tomate pelado entero tenía gran importancia, pero en la actualidad ha descendido de forma notable este tipo de elaboración sustituyéndose por tomate troceado o cubiteado, que junto con el triturado, ocupan la mayor parte de los transformados. Con menor importancia están el congelado (rodajas, cuartos, etc.), concentrado, salsas y fritos.

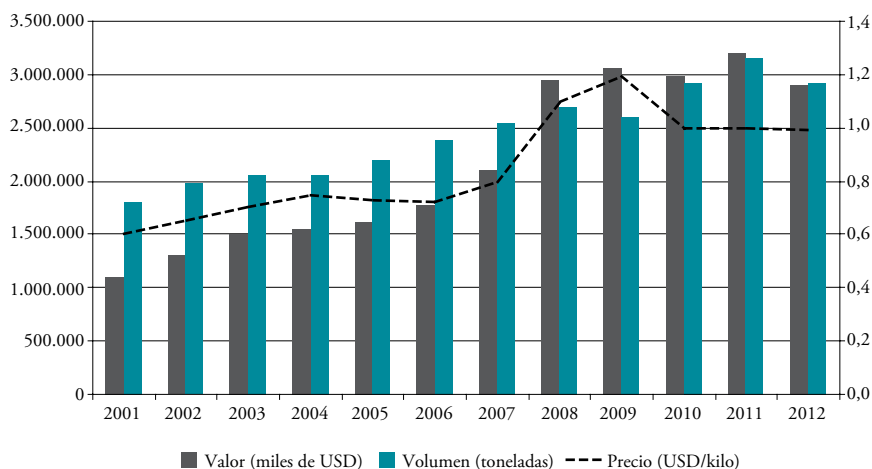
### 5.1. Comercio exterior

Del 90 % del comercio internacional de derivados del tomate corresponde, a pasta un 70 % y a pelado en conserva un 18 %, mientras que el 12 % restante está constituido por purés y salsas, entre otros. El mercado de conservas está muy concentrado, ya que Italia aporta casi el 80 % del total comercializado. En cambio, la oferta de pasta de tomate se encuentra más

repartida entre los países mediterráneos de la UE, Turquía, EEUU, China y, en el hemisferio sur, Chile. Los principales importadores de estos productos son los países de la UE que no son productores o tienen déficit, Reino Unido, Alemania y Francia; Estados Unidos, Canadá y Japón. En el caso de la pasta de tomate se agregan otros países que la utilizan como materia prima para su posterior procesamiento

En el Gráfico 1 se observa el crecimiento que ha tenido el comercio internacional de pasta y pulpa de tomate de 2001 a 2012. Mientras que en el año 2001 sumaba 1,8 millones de toneladas y un valor de 1.103 millones de dólares, en el año 2011 se registró la mayor cifra, con 3,2 millones de toneladas y un valor de 3.214 millones de dólares.

**Gráfico 1. Volumen, valor y precio de las exportaciones mundiales de pasta y pulpa de tomate**



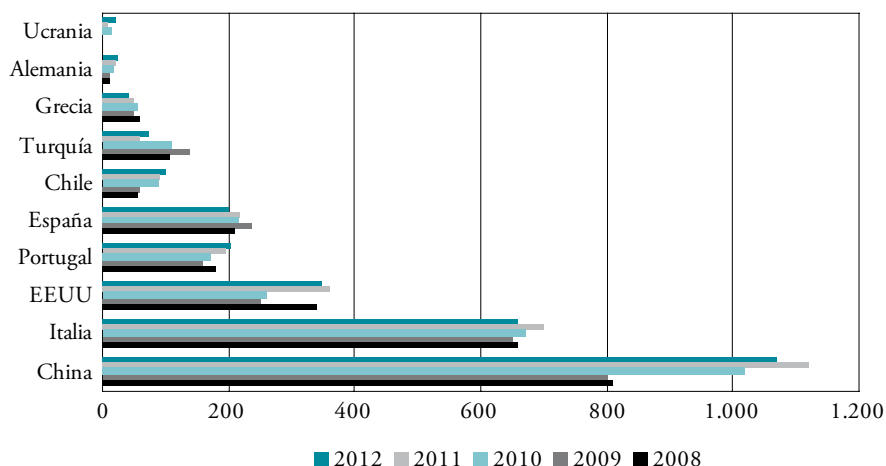
Fuente: Odepa con datos del International Trade Centre.

En el Gráfico 2 se presenta el volumen de pasta y pulpa de tomate comercializado por los principales países exportadores de 2008 a 2012. China es el actor más importante del mercado, con ventas de más de 1.000.000 t en los últimos tres años. En segundo y tercer lugar están Italia, con exportaciones de alrededor de 650.000 t y EEUU con cerca de 350.000 t en las últimas dos temporadas analizadas. Luego siguen Portugal y España con ventas cercanas a 200.000 t y Chile, con cifras crecientes y alrededor de 100.000 t en 2012. Los



diez primeros países suman el 96 % del volumen del comercio internacional en el año 2012.

**Gráfico 2. Principales países exportadores de pasta y pulpa de tomate.**  
 En miles de toneladas



Fuente: Odepa con datos del International Trade Centre.

## 6. Costes de producción

Los costes de producción del tomate de industria no son los mismos en los dos grupos de zonas productoras (Extremadura y Andalucía, por un lado y valle del Ebro, por otro), siendo mayores en el Ebro que en las zonas del sur de la península, ya que además de encontrarse en la zona límite de cultivo por las características climatológicas, con lo que ello conlleva, se utiliza acolchado biodegradable prácticamente en toda la superficie.

Dentro de los costes de producción hay que considerar:

1. *Coste de las plantas*: en las dos zonas se utilizan variedades híbridas, de diferentes tipos en función del destino industrial: de otros usos y de pelado, pero también de *all flesh* o todo carne y de alto contenido en licopeno; estas últimas genéticamente con menor potencial productivo que los híbridos más utilizados habitualmente.

2. *Costes de cultivo*: la plantación se realiza con planta en cepellón, diferente en cada zona; por ejemplo, de mayor tamaño en el norte –a veces con dos plantas por cepellón– que en el sur, donde la plantación se realiza con máquina mientras que en el valle del Ebro es manual por la utilización de acolchado, aunque también hay un porcentaje de plantación mecánica. El riego normalmente es por goteo con cinta no reutilizable. Los tratamientos fitosanitarios se realizan con grandes equipos.
3. *Costes de recolección*: la recolección se realiza con cosechadoras provistas de selectores de color y otros métodos de clasificación del producto, y el tomate se lleva a granel a fábrica, normalmente en bañeras, aunque en la zona norte aún se transporta en *palots* algo de tomate pelado.

Las diferencias encontradas en el sistema de cultivo de las dos zonas: norte y sur, influyen en la rentabilidad del cultivo de acuerdo a las producciones obtenidas y al precio final que recibe el agricultor.

En la Tabla 5 aparecen los costes del cultivo en el valle del Ebro, en función de los dos tipos de tomate que más se realizan, tomate triturado y tomate pelado entero, ya que los costes de producción del tomate *all flesh* o todo carne, destinado principalmente a congelado (dados, rodajas, etc.) se asemejan a los de un tomate pelado.

Se pueden observar los altos costes de este cultivo desde su inicio en ambos casos, sobre todo los gastos indirectos donde el acolchado plástico biodegradable se lleva más del 25 % de esta partida. La producción, así como el precio de venta, están acordes con el tipo de tomate y hay que destacar que el precio se ha mantenido prácticamente igual durante los tres últimos años (2012-2015). Aun así, la comodidad del trabajo, al ser un cultivo mecanizado, y la falta de rentabilidad del resto de cultivos hace que el tomate de industria todavía resulte de interés para el agricultor.

**Tabla 5. Costes e ingresos de cultivo del tomate de industria en Navarra**

Cultivo (con acolchado y goteo)	Tomate triturado mecanizado	Tomate pelado entero mecanizado
<b>Gastos</b>		
<i>Gastos directos</i>	2.300	2.300
<i>Maquinaria propia</i>	900	1.080
<i>Maquinaria alquilada</i>	1.100	1.375
<i>Mano de obra</i>	620	650
<i>Otros gastos de cultivo</i>	1.300	1.500
<b>Total gastos (euros/ha)</b>	<b>6.220</b>	<b>6.905</b>
<b>Ingresos</b>		
<i>Producción (kg/ha)</i>	90.000	85.000
<i>Precio venta (euros/t)</i>	75	90
<i>Ingresos por venta (euros)</i>	6.750	7.650
<i>Ingresos PAC (euros)</i>	180	180
<b>Total ingresos (euros/ha)</b>	<b>6.930</b>	<b>7.830</b>
<b>Margen neto (euros/ha)</b>	<b>710</b>	<b>925</b>

Fuente: elaboración propia.

## 7. Retos y perspectivas

El tomate de industria es un cultivo que está aumentando su producción, a la vez que su consumo mundial. España es el mejor ejemplo de un país que ha registrado un importante incremento de superficie y producción en los últimos años. Hay que considerarlo como un cultivo extensivo y prácticamente mecanizado en su totalidad, que ha evolucionado muy rápidamente, ya que la puesta a punto de técnicas de cultivo como planta a cepellón, riego por goteo y fertirrigación, utilización de acolchado plástico en las zonas más limitantes para su cultivo por las condiciones climáticas y la introducción de nuevas variedades han hecho que las producciones que se están alcanzando sean de las más altas en el ámbito mundial y hacen de este cultivo un trabajo apetecible y rentable para el agricultor.

Hay que señalar que el productor de tomate se ha profesionalizado en todas las regiones productoras y cultiva explotaciones de grandes dimensiones, aunque siempre en función de la zona que se considere. No es lo mismo un productor extremeño o andaluz, con parcelas de más de 100 ha, que uno del valle del Ebro, con parcelas de 10 ha. También debemos destacar que los pro-

ductores de tomate para transformación industrial ya están preparados con toda la maquinaria necesaria para su realización y es muy difícil que nuevos agricultores se inclinen por este cultivo debido a la maquinaria tan especializada que requiere.

Parece que la previsión de precios para la campaña 2016 es a mantenerse o disminuir ligeramente. En la campaña 2015 el precio del tomate para otros usos (concentrado, triturado, etc.) fue de 75 euros/t y superior en el caso de tomate para pelado, unos 90 euros/t. No obstante, a pesar de la bajada de precios prevista a 72-73 euros/t, se espera que se mantenga la tendencia ascendente de los últimos años en la superficie a cultivar en las principales zonas de producción (Extremadura, Andalucía y valle del Ebro), aunque ya se ha observado en 2015 respecto a 2014 una disminución en el resto de España.

En un contexto de máxima globalización es difícil poder competir con las producciones procedentes de países con menores costes de producción y con normativas medioambientales más laxas. En Europa hace ya tiempo que se ha dejado atrás el objetivo de maximizar la producción y la Política Agraria Común se dirige a potenciar los sistemas que maximicen la calidad de las producciones (Bouma *et al.*, 1998). En el caso del tomate para consumo en fresco esta tendencia es quizás más evidente. En tomate procesado, la tendencia no está tan clara, ya que se han impuesto los estándares de calidad establecidos por la industria sobre las demandas de los consumidores (Lee *et al.*, 2012).

Unas pocas firmas de transformadores controlan globalmente el mercado de tomate procesado y marcan las tendencias. De hecho, algunas de ellas como Heinz o Campbell Soup Co. desarrollan sus propias semillas. Es precisamente en este contexto de control de mercado por pocas empresas donde para poder destacar será necesario ofrecer productos claramente diferenciados. Será por tanto fundamental en el futuro poder aportar un valor añadido que permita diferenciarse en un mercado muy competitivo.

## Referencias bibliográficas

- ANGARITA, M. P. (2009): *Generación de líneas T-DNA de tomate (Solanum lycopersicum cv P73) e identificación de mutantes de inserción*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- BOUMA, J.; VARALLYAY, G. y BATJES, N. (1998): «Principal land use changes anticipated in Europe»; *Agric. Ecosyst. Environ.* (67); pp. 103-119.

- BRANDT, S.; PÉK, Z.; BARNA, É.; LUGASI, A. y HELYES, L. (2006): «Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions»; *J. Sci. Food Agric.* 86(4); pp. 568-572.
- BIURRUN, R.; MALUMBRES, A.; AGUADO, G.; ZUÑIGA, J.; GURPEGUI, M.; LEZAUN, J. y GARNICA, I. (2012): «Control de plagas en tomate»; *Navarra Agraria* (192); pp. 21-24.
- BOJA (2008): *Reglamento específico de producción integrada de tomate para transformación industrial*. Disponible en <http://www.besana.es/legislacion/leg/boja/ORD2008-12-24.pdf>.
- CÁMARA, M. (2006): «Calidad nutricional y salud»; en LLÁCER, G.; DIEZ, M. J.; CARRILLO, J. M. y NUEZ, F., eds.: *Mejora genética de la calidad*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia; pp. 43-65.
- CAMPILLO, C. (2007): *Estudio para el diseño de un sistema de recomendación de manejo de agua en rotaciones de cultivo hortícolas en las Vegas del Guadiana*. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura.
- CAMPILLO TORRES, C.; GONZÁLEZ GARCÍA, J. A.; FORTES GALLEGO, R.; MILLÁN ARIAS, S.; GONZÁLEZ GARCÍA, V.; CHÁVEZ CEFERINO, A.; DAZA DELGADO, C. y PRIETO LOSADA, M. H. (2015): *Manual práctico de riego para tomates de industria*. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX).
- CASAÑAS, F. y COSTELL, E. (2006): «Calidad organoléptica»; en LLÁCER, G.; DÍEZ, M. J.; CARRILLO, J. M. y BADENES, M. L., eds.: *Mejora genética de la calidad en las plantas*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia; pp. 21-41.
- CHAMARRO, L. J. (2001): «Anatomía y fisiología de la planta»; en NUEZ, F.: *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 43-91.
- CIRUELOS, A.; DE LA TORRE, R. y GONZÁLEZ, C. (2007): «Parámetros de calidad en el tomate para industria»; *Informe 2007: La agricultura y ganadería extremeñas*. Caja de Ahorros de Badajoz; pp. 157-170.
- COROMINAS, J. (1990): *Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana*. Madrid, ed. Gredos.
- DALVI, V. B.; TIWARI, K. N.; PAWADE, M. N. y PHIRKE, P. S. (1999): «Response surface analysis of tomato production under microirrigation»; *Agric. Water Manage* (41); pp. 11-19.

- DIAMANTI, J.; BATTINO, M. y MEZZETTI, B. (2011): «Breeding for fruit nutritional and nutraceutical quality»; en JENKS, M. A. y BEBELI, P. J., eds.: *Breeding for fruit quality*. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, EEUU; pp. 61-80.
- DÍEZ, M. J. (1995): «Tipos varietales»; *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 793.
- DONDARINI, R. (2010): «Storia e arte: aspetti storici»; en ANGELINI, R.: *Il pomodoro*. Bologna, Art Servizi editoriali.
- ESQUINAS-ALCÁZAR, J. y NUEZ, F. (2001): «Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate»; en NUEZ, F.: *El cultivo del tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa; pp. 13-42.
- FRIDMAN, E.; LIU, Y. S.; CARMEL-GOREN, L.; GUR, A.; SHORESH, M.; PLEBAN, T.; ESHED, Y. y ZAMIR, D. (2002): «Two tightly linked QTLs modify tomato sugar content via different physiological pathways»; *Molecular Genetics and Genomics* (266); pp. 821-826.
- GARCÍA, E. y BARRETT, D. M. (2006): «Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield»; *Journal of Food Processing and Preservation* 30(1); pp. 20-36.
- GOBIERNO DE EXTREMADURA: Normativa Específica de la Producción Integrada de Tomate de Industria en Extremadura. Disponible en <http://aym.juntaex.es/NR/rdonlyres/832E51D2-6184-45EF-953B-4C225404A198/0/nttomate.pdf>.
- HAMILTON, J. T. (1976): «Tomato mite»; *Entomological Bulletin of the New South Wales Department of Agriculture* (56); pp. 1-3.
- HARMANTO; SALOKHE, V. M.; BABEL, M. S. y TANTAU, H. J. (2005): «Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment»; *Agric. Water Manage* (71); pp. 225-242.
- HARTZ, T. K. y BOTTOMS, T. G. (2009): «Nitrogen requirements of drip-irrigated processing tomatoes»; *HortScience* 44(7); pp. 1988-1993.
- HARVEY, M.; QUILLEY, S. y BEYNON, H. (2002): «Exploring the tomato. Transformations of nature»; *Society and Economy*. Cheltenham, Reino Unido, Edgar Publishing; pp. 304.

- JARÉN, C.; ARAZURI, S.; ARANA, I. y ARNAL, P. (2002): «La recolección mecánica. Futuro del cultivo del tomate para la industria»; *Agrotécnica. Estudios Técnicos*; pp. 67-76. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Recol-tomate\\_tcm7-343290.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Recol-tomate_tcm7-343290.pdf).
- JARÉN, C.; ARAZURI, S.; ARNAL, P. y ARANA, I. (2002): «Recolección mecánica de tomate»; *Horticultura Internacional* (44); pp. 26-33.
- JENKINS, J. A. (1948): «The origin of the cultivated tomato»; *Economic Botany* (2); pp. 379-392.
- KALAMAKI, M. S.; HARPSTER, M. H.; PLAYS, J. M.; LABAVITCH, J. M.; REID, D. S. y BRUMMELL, D. A. (2003): «Simultaneous transgenic suppression of *Lpg* and *Leexp1* influences rheological properties of juice and concentrates from a processing tomato variety»; *J. Agric. Food Chem.* (51); pp. 7456-7464.
- KIRDA, C.; CETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; DERICI, M. R. y OZGUVEN, A. I. (2004): «Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation»; *Agric. Water Manage* (69); pp. 191-201.
- LAHOZ, I. (2015): *Influencia del genotipo, el ambiente de cultivo y el uso de riegos deficitarios en la calidad organoléptica y funcional del tomate de industria*. Tesis Doctoral, Castellón, Universitat Jaume I de.
- LEE, J.; GEREFFI, G. y BEAUVAIS, J. (2012): «Global value chains and agrifood standards: challenges and possibilities for smallholders in developing countries»; *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (109); pp. 12326-12331.
- LEÓN, W. E. (2009): *Evaluación ambiental de la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo condiciones protegidas en las Palmas de Gran Canaria, España, mediante la utilización de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- LONG, J. (1995): «De tomates y jitomates en el siglo XVI»; *Estudios de Cultura Náhuatl* (25); pp. 239-252.
- MACUA, J. I.; SANTOS, A. y ZUÑIGA, J. (1999): «The effect of the planting date on the programming yield and quality of processing tomato in Navarre»; *Acta Horticulturae* (487).

- MACUA, J. I.; LAHOZ, I.; BOZAL, J. M.; ZABAleta, J. y CALVILLO, S. (2009): «Utilización de cubiertas en el tomate de industria en Navarra»; *Navarra Agraria* (172); pp. 29-38.
- MACUA, J. I.; JIMÉNEZ, E.; SUSO, M. L.; GERVA, C. y LAHOZ, I. (2013a): «The future of the processing tomato in the Ebro Valley lies with the use of biodegradable mulches»; *Acta Horticulturae* (971).
- MACUA, J. I.; JIMÉNEZ, E.; DAZA, C.; GERVA, C. y LAHOZ, I. (2013b): «Lycopene and processing tomato in Navarra. Influence of vegetable material»; *Acta Horticulturae* (971).
- MACUA, J. I.; SANTOS, A.; MALUMBRES, A.; CAMPILLO, C.; CEBOLLA-CORNEJO, J.; ROSELLÓ, S.; GERVA, C. y LAHOZ, I. (2015): «Processing tomato in Navarra. «All flesh» cultivars»; *Acta Horticulturae* (1031); pp. 175-180.
- MACUA, J. I.; LAHOZ, I.; ARRÓNIZ, A. y CALVILLO, S. (2016): «Experimentación en tomate de industria. Campaña 2015»; *Navarra Agraria* (214); pp. 6-13.
- MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G. y CHESSON, A. (2002): «Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*)»; *J. Sci. Food Agric.* (82); pp. 323-330.
- MONTES, S. y AGUIRRE, J. R. (1992): «Tomate de cascara (*Physalis philadelphica*)»; en HERNÁNDEZ, J. E. y LEÓN, J., eds.: *Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492*. FAO; pp. 115-120.
- MÜLLER, C. H. (1940): «The taxonomy and distribution of the genes *Lycopersicon*»; *National Horticultural Magazine* (19); pp. 157-160.
- NAVARRA.ES: Normativa Específica de la Producción Integrada de Tomate de Industria en Navarra. Disponible en [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Ambito+rural/Agricultura+y+Ganaderia/Agricultural/Produccion+Integrada/](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Agricultura+y+Ganaderia/Agricultural/Produccion+Integrada/).
- NUEZ, F. (1995): *El cultivo de tomate*. Madrid, ed. Mundi-Prensa.
- NURUDDIN, M. M.; MADRAMOOTOO, C. A. y DODDS, G. T. (2003): «Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality»; *HortScience* (38); pp. 1389-1393.
- OBREZA, T. A.; PITTS, D. J.; MCGOVERN, R. J. y SPEEN, T. H. (1996): «Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality, and disease severity»; *Journal of Production Agriculture* (2); pp. 270-275.



- PATANÈ, C. y COSENTINO, S. L. (2010): «Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate»; *Agric. Water Manage* (97); pp. 131-138.
- PETRO-TURZA, M. (1987): «Flavor of tomato and tomato products»; *Food Rev. Int.* 2(3); pp. 309-351.
- PERALTA, I. E.; KNAPP, S. y SPOONER, D. M. (2006): Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *Tomato Genet. Coop.* (56); pp. 6-12.
- PRIETO, M. H. y RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A. (1994): «Influence of the crop water status on fruit setting and final fruit number in a processing tomato crop»; *Acta Horticulturae* (376); pp. 333-336.
- PROHENS, J. y NUEZ, F. (2008a): *Handbook of plant breeding: Vegetables I*. New York, EEUU.
- PROHENS, J. y NUEZ, F. (2008b): *Handbook of plant breeding: Vegetables II*. New York, EEUU.
- PULUPOL, L. U.; BEHBOUDIAN, M. H. y FISHER, K. J. (1996): «Growth, yield and post harvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation»; *HortScience* (31); pp. 926-929.
- QUER, J. (1762-1784): *Flora española o Historia de las plantas que se crían en España* (VI Vols). Ibarra, Madrid.
- RAFFO, A.; SALUCCI, M.; AZZINI, E.; BERTON, E. V.; QUAGLIA, G. B.; FOGLIANO, V.; GRAZIANI, G. y LA MALFA, G. (2003): «Nutritional characteristics of greenhouse cherry tomatoes»; *Acta Hort.* (19); pp. 11-19.
- RICK, C. M. (1978): «The tomato»; *Sci. Amer.* (239); pp. 67-76.
- RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A. y RUIZ ALTISENT, M. (1996): «Mecanización de la recolección del tomate de industria»; *HF-HortoinFormación* (79); pp. 36-38.
- ROSELLÓ, S. y NUEZ, F. (2006): «Mejora de la calidad del tomate para fresco»; en LLÁCER, G.; DíEZ, M. J.; CARRILLO, J. M. y BADENES, M. L., eds.: *Mejora genética de la calidad en plantas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- TAPIA CRUZ, B. (2013): *La industria de la pastade tomate*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl>.

- TORRES VILA, L. M.; MERINO, R. S. y FERNÁNDEZ BAUTISTA, J. (2007): «La sanidad vegetal del tomate de industria en Extremadura: situación actual y perspectivas»; *Phytoma España: la revista profesional de sanidad vegetal* (186); pp. 23-30. Disponible en <http://www.phytoma.com/tienda/articulos-editorial/221-186-febrero-2007/8730-la-sanidad-vegetal-del-tomate-de-industria-en-extremadura-situacion-actual-y-perspectivas>.
- VÁZQUEZ, N.; PARDO, A.; SUSO, M. L. y QUEMADA, M. (2006): «Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching»; *Agric. Ecosyst. Environm.* (112); pp. 313-323.
- WAISTER, P. D. y HUDSON, J. P. (1970): «Effects of soil moisture regimes on leaf water deficit, transpiration and yield of tomatoes»; *Hortic. Sci.* (45); pp. 359-370.
- YILMAZ, E. (2001): «The chemistry of fresh tomato flavor»; *Turk J Agric For.* (25); pp. 149-155.