

# La Crisis de los Pepinos Españoles: Microorganismos, calidad del agua y cultivos hortícolas

Dr. Joan Jofre, Catedrático de Microbiología, Universidad de Barcelona.

Dr. Rafael Mujeriego, Catedrático de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña.

Presidente de la Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA).

Junio de 2012.

## Introducción

Las formas altamente tecnificadas que se utilizan actualmente para la producción y la comercialización de alimentos, especialmente de productos hortícolas, ofrecen grandes ventajas tanto sobre la disponibilidad de variedades, con independencia de la estación del año, como sobre su calidad y su regularidad de tamaños y presentaciones, incluso en grandes producciones. Por otra parte, la contaminación accidental en algún punto de los procesos de producción, comercialización e incluso consumo presenta el riesgo de afectar a un gran número de consumidores, de forma casi simultánea en zonas geográficas más o menos extensas. El cuidado y la precaución que los productores y los comercializadores ponen durante la venta de estos productos junto con las precauciones y la vigilancia que realizan las autoridades sanitarias permiten asegurar la calidad sanitaria, especialmente microbiológica, de estos productos, aunque no pueden impedir que, muy esporádicamente, se registren infecciones alimentarias a través de su consumo. Las graves noticias que se producen durante los brotes epidémicos, especialmente cuando se registran fallecimientos, generan una alarma social comprensible que lleva a los consumidores a solicitar orientaciones inmediatas sobre cómo evitar ese contagio de forma efectiva y cómo resolver el posible contagio que se haya podido producir. El enfoque eminentemente sanitario y muy especializado que se suele adoptar en tales casos hace difícil que la población en general pueda entender el estado y la evolución de los acontecimientos, especialmente cuando las autoridades responsables del control de esos episodios adoptan medidas reglamentarias excesivas o incoherentes sobre la comercialización o el consumo de tales productos.

El brote de *E. coli* 0104:H4 registrado en Alemania durante los meses de mayo a julio de 2011 representa el episodio de contaminación bacteriana más grave de los documentados sobre el síndrome ocasionado por la toxina shiga 2. Las consecuencias del brote, para una sociedad occidental que se considera relativamente a salvo de infecciones bacterianas, fueron aterradoras y generaron una de las crisis de seguridad alimentaria más importantes de las provocadas por agentes infecciosos en países desarrollados durante las últimas décadas. Tanto la etiología inicial como algunas de las normas de comercialización adoptadas por ciertos países fueron infundadas e incluso incoherentes con las formas de producir los productos hortícolas inicialmente encausados. Una mejor comprensión de las formas de cultivar los productos hortícolas encausados, incluidas la forma de efectuar su riego, podrían haber rebajado la alarma y sin duda habrían evitado unas acusaciones apresuradas e infundadas. Por otra parte, las consecuencias de una crisis como ésta ofrecen a los productores y los comercializadores de estos productos indicaciones muy claras de cómo proceder en el futuro para reducir de forma eficiente la posibilidad de que una contaminación de este tipo pueda llegar a producirse y a familiarizar a los posibles consumidores con los detalles técnicos de cómo se cultivan ciertos productos hortícolas.

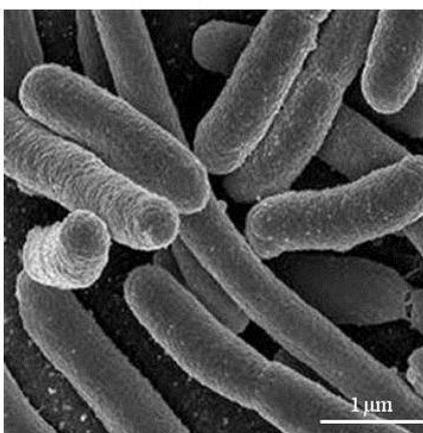
## Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es describir el agente causal y la evolución de la crisis alimentaria causada por la bacteria *E. coli* O104:H4 durante los meses de mayo a julio de 2011 en Alemania, indicando la forma en que esas bacterias comunes adquieren su carácter infeccioso, los indicios disponibles sobre los posibles productos hortícolas causantes de la infección, las normas de calidad aplicables al agua regenerada con que pueden ser regados estos productos y las técnicas de riego utilizadas para el cultivo en invernadero de productos hortícolas.

La mejor comprensión por parte del público de los procesos de producción, comercialización y consumo de estos productos hortícolas ha de contribuir a reducir la alarma social que los brotes epidémicos alimentarios suelen producir y a ofrecer normas de conducta relativas a su manipulación y consumo. El artículo propone diversas recomendaciones sobre las precauciones que cabe adoptar por parte de los consumidores de productos hortícolas ingeridos crudos, mediante su lavado y desinfección con agua de consumo, y sobre las precauciones a adoptar con respecto a la calidad del agua de riego, especialmente en el caso de que sea agua regenerada. España dispone de normas de calidad reglamentarias para el riego con agua regenerada; aunque la calidad microbiológica exigida al agua regenerada es inferior a la aplicable a las aguas de consumo humano, la adopción práctica de las normas de calidad más exigentes está promoviendo que ciertos proyectos de reutilización produzcan un agua regenerada con un nivel de calidad microbiológica equiparable analíticamente a la del agua de consumo humano.

## El brote de *E. coli* O104:H4 en Alemania

*Escherichia coli* es una bacteria comensal (vive en asociación con otros seres vivos, sin que ello implique beneficios o perjuicios aparentes para ambos), propia del intestino de los animales de sangre caliente, en donde alcanza concentraciones próximas a 100 millones de células por gramo de materia fecal contenida en el colon. Conviene resaltar que no es la especie microbiana más abundante en ese medio, en cuanto que otras, como *Bacteroides* o *Fusobacterium*, alcanzan concentraciones hasta 1.000 veces superiores a las de *E. coli*. No obstante, es una de las especies bacterianas más fáciles de cultivar en el laboratorio. *E. coli* forma parte del grupo de bacterias denominadas “coliformes fecales” que, perteneciendo a la familia de las *Enterobacteriaceae* (bacterias del intestino), se definen mediante un criterio metodológico: su capacidad para fermentar lactosa a 44,5 °C, con producción de ácido y gas.



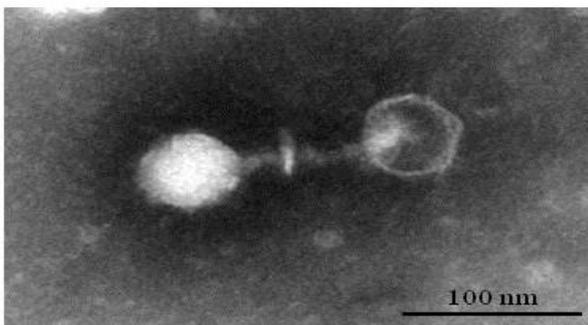
**Fotografía 1.** Imagen de *E. coli* mediante microscopía electrónica.

El grupo bacteriano “coliformes fecales” ha constituido el principal indicador de calidad utilizado para detectar y cuantificar la contaminación fecal en aguas y alimentos durante todo el siglo XX. Durante la última década del presente siglo, la posibilidad práctica de detectar y cuantificar *E. coli* mediante la utilización de una sola etapa analítica ha hecho que *E. coli* esté sustituyendo al grupo bacteriano “coliformes fecales” como indicador preferente en las normativas legales adoptadas para controlar la calidad sanitaria del agua y de los alimentos de consumo humano.

*E. coli* muestra una gran variedad de tipos o cepas. Los conocimientos actuales revelan que un individuo puede ser portador de 4 ó 5 cepas dominantes diferentes, cuya

predominancia relativa puede variar con el tiempo. Se dispone de métodos analíticos muy diversos para clasificarlos. Uno de ellos consiste en determinar sus serotipos, mediante los antígenos relacionados con su cápsula (tipos K), su pared celular (tipos O) o sus flagelos (tipos H). Uno de los criterios de clasificación más utilizados en estos momentos consiste en especificar sus serotipos O y H, como ilustran las dos cepas más conocidas de acuerdo con este método clasificatorio: las cepas O157:H7 y O104:H4. Además de las variaciones en su serotipo, las cepas de *E. coli* también registran diferencias en diversas partes de su genoma.

La gran mayoría de bacterias *E. coli* no son patógenas, es decir no causan enfermedad a sus portadores. Sin embargo hay algunas cepas capaces de producir infecciones, tanto en el tubo digestivo como el sistema urinario o incluso en ambos, como ocurre con las cepas O157:H7 y O104:H4. El proceso mediante el que estas bacterias, habitualmente inocuas, adquieren la capacidad de ser patógenas viene determinado por la incorporación de genes o grupos de genes de otros microorganismos, ya sean de bacterias de la misma especie o semejantes, como sería el caso del gen que confiere la capacidad de adherirse a las células del epitelio del aparato digestivo, propiedad denominada “entero-agregativa”, o bien sean de otros microorganismos muy distintos, como es el caso de la toxina shiga 2 - stx2- , que tiene su origen en bacteriófagos (virus que infectan bacterias). A los genes capaces de conferir estas capacidades se les denominan factores de virulencia (o patogenicidad).



**Fotografía 2.** Dos bacteriófagos 933W unidos por sus colas a un resto de pared celular, fotografiados por microscopía electrónica de transmisión.

En general, la transmisión de estos genes a una célula bacteriana se produce mediante diversos mecanismos conocidos como de transmisión horizontal (o también transmisión lateral) en contraposición a la denominada transmisión vertical que tiene lugar cuando la transmisión de propiedades se realiza desde un microorganismo a sus descendientes. La transmisión horizontal explica que las cepas patógenas puedan aparecer súbitamente y también que puedan desaparecer con rapidez de entre las poblaciones normales de esta

especie microbiana, ya que las bacterias que han adquirido factores de virulencia por transferencia horizontal los pierden con cierta facilidad. Aunque la cepa patógena de *E. coli* más conocida y estudiada es la O157:H7, conviene indicar que no todas las cepas aisladas de *E. coli* O157:H7 tienen los mismos factores de patogenicidad. Se ha observado que incluso el gen que codifica un determinado factor de patogenicidad (como por ejemplo la generación de la toxina shiga 2) registra pequeñas variaciones entre unas cepas y otras. La cepa *E. coli* O104:H4 muestra un comportamiento similar: suele aparecer de forma sorprendente en un momento dado y desaparecer un poco tiempo después. Todo ello hace que estas cepas entero-patogénicas no lleguen a ser dominantes en la población microbiana entérica en ningún caso.

Las cepas patógenas de *E. coli* tienen la capacidad de infectar personas y animales de sangre caliente, es decir son zoonóticas. Algunas de ellas, por ejemplo *E. coli* O157:H7, infectan con mayor frecuencia a los animales, principalmente al ganado vacuno, que a las personas. La morbilidad (capacidad de infección) de la cepa *E. coli* O104:H4 no es conocida todavía. Diversos estudios realizados para cuantificar la presencia de algunas de estas bacterias patógenas, como por ejemplo las que tienen el gen productor de la toxina shiga 2, tanto en aguas residuales municipales como en aguas de mataderos y en purines,

indican que la proporción de este tipo de bacterias patógenas con respecto al contenido total de *E. coli* (utilizadas como indicadores) es mayor en los residuos fecales de origen animal. Estos resultados llevan a pensar que la proporción de bacterias patógenas en los animales, o el porcentaje de animales infectados, es superior al que se registra entre las personas. No obstante, su concentración relativa, tanto en residuos fecales de origen animal como humano, es varios órdenes de magnitud (de 1.000 a 10.000 veces) inferior a la concentración total de bacterias *E.coli*, detectadas analíticamente por su condición de indicadores. La proporción entre bacterias patógenas y bacterias *E. coli* totales en un agua residual municipal se considera aproximadamente igual a 1 entre 10.000.

Los conocimientos científicos actuales indican que el comportamiento de estas cepas patógenas fuera del tubo digestivo de las personas y los animales es muy similar al de *E. coli* no patógeno, tanto en lo que respecta a la eficacia de los factores inactivantes naturales (luz UV, temperatura y pH) como de los factores antropogénicos (biocidas o desinfectantes de todo tipo). Estos resultados científicos llevan a pensar que la proporción relativa de bacterias *E.coli* patógenas con respecto al total de bacterias *E. coli* se mantiene prácticamente inalterada tras haber sido sometidas a los tratamientos de potabilización que se aplican a las aguas de abastecimiento público y a los de depuración y regeneración que se aplican a las aguas residuales urbanas.

Los conocimientos científicos actuales indican que, en general, la bacteria *E. coli* no se multiplica de forma natural fuera del intestino humano o animal, lo que contribuye a potenciar su capacidad como microorganismo indicador de contaminación fecal. No obstante, estudios científicos realizados durante los últimos años han permitido observar que, en ambientes muy particulares como las boñigas de vacuno con más de un 80-85 % de humedad y temperaturas superiores a 30 °C, estas bacterias indicadoras pueden multiplicarse, hasta alcanzar unas tasas de 3 a 4 duplicaciones, haciendo así que su concentración final pueda ser hasta 10 veces superior a la inicial. No obstante, este fenómeno requerirá una investigación más detallada.

### **El caso de *E. coli* O104:H4 en el brote de Alemania de mayo a julio de 2011**

Durante los meses de mayo a julio de 2011, Alemania experimentó el mayor brote jamás documentado del síndrome hemolítico-urémico (HUS) y diarrea con sangre provocado por la cepa de *E. coli* productora de toxina shiga 2. La bacteria causante fue clasificada como *E. coli* O104:H4 y se le atribuyeron los factores de patogenicidad asociados a la posesión del gen de la toxina shiga 2; la cepa era entero-agregativa, un carácter frecuente en muchas de las cepas de *E. coli* causantes de la diarrea del viajero, y además resistente a varios antibióticos. La aparición de una cepa de estas características no debía haber sido sorprendente, ante las posibilidades del proceso de transferencia horizontal de los factores de virulencia descrito previamente.

Desde el punto de vista social y sanitario, las consecuencias finales del brote fueron aterradoras para una sociedad occidental que se considera relativamente a salvo de infecciones bacterianas. La crisis sanitaria registrada fue sin duda, junto con la causada hace algunos años por la encefalopatía espongiiforme bovina, una de las crisis de seguridad alimentaria más importantes provocadas por agentes infecciosos en países desarrollados durante las últimas décadas. La crisis se saldó con 4.012 casos confirmados, de los que 878 presentaron HUS y 48 causaron el fallecimiento. La mayoría de los casos se produjeron en el norte de Alemania, aunque también se registró una agrupación (clúster) de 15 casos en el sureste de Francia. La evaluación de este clúster reveló la posibilidad de una fuente infecciosa común con la de Alemania, ya que la bacteria responsable era idéntica. Aunque la fuente de

infección (alimento) no tenía ninguna relación aparente o detectable con los casos registrados en Alemania, se llegó a considerar como muy verosímil la posibilidad de que el mismo tipo de alimento, entre otros posibles, pudiera estar involucrado en la aparición de este segundo episodio.

La primera infección se registró a principios de mayo de 2011. A finales de mayo, los estudios epidemiológicos realizados indicaron que el único nexo entre los afectados por la infección era la circunstancia de haber consumido ensaladas, entre cuyos ingredientes figuraban diversos productos de origen vegetal. En ningún caso pudo detectarse la presencia de la bacteria en las ensaladas. La noticia más impactante se produjo cuando la autoridad sanitaria regional de Hamburgo manifestó, en una rueda de prensa, que unos pepinos de origen español podían estar implicados en la infección epidémica. Esta afirmación acusadora desencadenó una reacción inmediata de rechazo, destrucción y prohibición de la distribución y venta de pepinos y otras hortalizas de origen español, que paso a denominarse la “crisis de los pepinos españoles” y cuyas consecuencias económicas y sociales significaron unas pérdidas para los agricultores españoles superiores a los 100 millones de euros, además de prohibiciones para la circulación de productos hortícolas que alcanzaron dimensiones continentales.

Unos días después, la infección pasó a ser atribuida al consumo de unos brotes de fenogreco cultivados en una granja ecológica de la Baja Sajonia; la cepa *E. coli* O104:H4 fue detectada en un cubo de la basura, pero nunca en los brotes cultivados. Aunque algunos de los empleados de la granja resultaron ser portadores de la bacteria, la cronología de la infección llevó a concluir que los trabajadores habían sido infectados en lugar de ser ellos el origen de la infección. Por otra parte, uno de los lotes sospechosos de fenogreco había sido ya agotado y no pudo ser analizado, mientras que el restante resultó estar libre de contaminación bacteriana, con todas las reservas que comporta el muestreo de este tipo de producto granular. La circunstancia común de que los alimentos consumidos en Alemania y Francia incluyeran semillas de fenogreco procedentes de Egipto, usadas para obtener los brotes que se añaden a las ensaladas, sirvió de justificación para culpabilizar de la infección a unos lotes de semillas de origen egipcio importadas por una compañía inglesa a finales de 2009 y principios de 2010.

Los conocimientos científicos disponibles permiten calificar como muy improbable que unas concentraciones de *E. coli* tan elevadas como para ser capaces de infectar a un número tan grande de personas pudieran haber sobrevivido durante el largo tiempo transcurrido desde la importación de las semillas en 2009-2010 hasta la aparición de la infección a mitad de 2011. Esta conclusión concuerda con los resultados negativos obtenidos al intentar detectar la presencia de la bacteria en las semillas de uno de los lotes implicados. A finales de 2011, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria resolvió que no era posible atribuir de forma taxativa la contaminación causante de la infección a las semillas de origen egipcio. Por otra parte y desde el punto de vista práctico, es relativamente preocupante que no se haya podido detectar (aislar) la bacteria en ninguno de los medios presumiblemente causantes de la infección. La buena noticia para todos los responsables de los procesos de depuración de aguas residuales es la evidencia de que la bacteria tiene una capacidad de supervivencia muy limitada en el medio acuático. Desde el punto de vista científico, la relevancia de una infección como ésta justificaría la realización de estudios detallados de la capacidad de este tipo de cepas bacterianas para recrecer en las condiciones utilizadas frecuentemente para germinar ciertas semillas comestibles, caracterizada por la presencia de sustratos orgánicos, una elevada humedad y unas temperaturas entre 35 °C y 40 °C.

## La calidad del agua regenerada y su posible influencia en los cultivos

La aparición en algunos medios de comunicación europeos de diversos comentarios sobre la influencia que el uso de agua regenerada para el riego de productos hortícolas en las explotaciones españolas podría haber tenido en la aparición de un brote infeccioso como el descrito en párrafos anteriores, lleva lógicamente a plantearse la pregunta si el origen de un brote epidémico como éste podría haberse producido a través del consumo crudo de vegetales regados con agua regenerada. La evidencia científica lleva a concluir que esa circunstancia es muy improbable, incluso prácticamente nula, si el riego del cultivo se realiza mediante riego localizado, de modo que el agua no entre en contacto con el producto cultivado y si además el agua regenerada utilizada para el riego cumple con las especificaciones establecidas por el RD 1620/2007 que define la calidad del agua regenerada para ese uso en España. El RD 1620/2007 establece dos opciones para el riego de los cultivos, caracterizadas por la posibilidad de que el agua regenerada entre o no en contacto con los productos cultivados.

La calidad exigida por el RD 1620/2007 para el riego de cultivos mediante un sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para la alimentación humana en fresco (Uso 2.1) establece una concentración límite de 100 *E. coli*/100 mL en el 90 % de las muestras de agua analizadas. Suponiendo una proporción relativa de bacterias *E. coli* patógenas de entre 1.000 y 10.000 veces inferior al contenido total de bacterias *E. coli*, esa limitación normativa implicaría una posible concentración de *E. coli* entero-hemorrágica, en las circunstancias más desfavorables, de una bacteria por cada litro de agua. Muy probablemente, el intervalo de concentraciones de *E. coli* patógena oscilaría entre una bacteria por cada litro de agua y una bacteria por cada 10 litros de agua. Los conocimientos científicos disponibles sobre infecciones bacterianas, incluida la producida por *E. coli* O157:H7, indican que en el peor de los casos es necesario ingerir más de 10 bacterias patógenas (las dosis infecciosas referenciadas en la literatura científica para *E. coli* O157:H7 oscilan entre 50 y 700 bacterias) para que pueda iniciarse una infección (dosis infecciosa), lo que implicaría un consumo directo o indirecto de agua (por contacto del agua con los productos regados) de 10 litros a 100 litros de agua, algo poco probable durante una sesión de riego, pero posible dentro del período total de crecimiento de ciertos productos vegetales, dependiendo del tipo de producto cultivado y de las aportaciones acumuladas de agua que el producto concreto pueda recibir durante su cultivo.

En la práctica, el cultivo en invernadero de productos hortícolas, como los pepinos inicialmente encausados en este episodio, se realiza sin que haya contacto posible entre ellos y el agua de riego, lo que establece en la práctica una barrera infranqueable para el posible traspaso de las bacterias desde el agua hasta los productos. La calidad exigida por el RD 1620/2007 para el riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones (Uso 2.3b) establece una concentración límite de 10.000 *E. coli*/100 mL en el 90 % de las muestras de agua analizadas. Considerando una proporción relativa de bacterias *E. coli* patógenas de entre 1.000 y 10.000 veces inferior al contenido total de bacterias *E. coli*, esa limitación normativa implicaría una posible concentración de *E. coli* entero-hemorrágica, en las circunstancias más desfavorables, de una bacteria por cada 10 mililitros de agua. Muy probablemente, el intervalo de concentraciones de *E. coli* patógena oscilaría entre una bacteria por cada 10 y 100 mililitros de agua. Aplicando la observación científica anterior, según la cual para iniciar una infección bacteriana, incluida la producida por *E. coli* O157:H7, es necesario ingerir más de 10 bacterias patógenas (dosis infecciosa), eso implicaría un consumo directo o indirecto de agua (por contacto del agua con los productos regados) de 100 a 1.000 mililitros de agua de

riego, dotaciones de riego que entrarían dentro de lo posible, considerando las aportaciones acumuladas de agua que estos productos pueden recibir durante su cultivo. No obstante, la separación física considerable que existe entre el agua y el producto cultivado, tal como se realiza en los invernaderos, asegura que el contacto del agua con el producto cultivado no pueda producirse en la práctica, ofreciendo así una barrera infranqueable para el progreso de la infección de los cultivos. La descripción de la técnica de cultivo hidropónico del pepino que figura en un apartado posterior, como método comúnmente utilizado para su producción, permite concluir que esa barrera está razonable y prácticamente asegurada.

Estas dos reflexiones normativas previas sirven para ilustrar un criterio científico y reglamentario básico utilizado para elaborar los límites de calidad de un agua regenerada utilizada para regar: 1) la imposibilidad de contacto directo del agua de riego con el producto hortícola permite la utilización de un agua regenerada con una calidad microbiológica menos exigente, como la especificada en el Uso 2.3b del RD 1620/2007 y 2) la posibilidad de contacto directo del agua de riego con el producto hortícola de consumo crudo ha de impulsar la producción de un agua regenerada con una calidad microbiológica acorde o incluso superior a la requerida por el Uso 2.1. del RD 1620/2007, hasta llegar a satisfacer la condición de “ausencia” de indicadores bacterianos de contaminación fecal, como ya establecen las normativas de algunos estados, u otras condiciones alternativas que garanticen un riesgo microbiológico equivalente al asociado con un agua de consumo público.

Considerando que el cultivo en invernadero de hortalizas como los pepinos permite asegurar una barrera física entre el agua de riego y los productos cultivados (varios decímetros entre los pepinos situados en la parte superior y el agua en la inferior), que la recogida de estos productos se hace siguiendo procedimientos higiénicos rigurosos y que los procesos de almacenaje, transporte y lavado utilizados en la comercialización de estas hortalizas contribuyen a inactivar los posibles microorganismos patógenos y no patógenos que pudieran estar presentes en los productos vegetales, cabe razonadamente concluir que es extremada y prácticamente improbable que el riego de hortalizas en invernadero con un agua regenerada como la requerida para el Uso 2.3b pueda ser el origen de un brote epidémico tan devastador como el analizado.

## **Almería y el cultivo de pepinos en invernadero**

Almería es la provincia española con mayor implantación del cultivo de hortalizas en invernadero. La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (CAP) indica que la superficie invernada en la provincia de Almería durante la campaña agrícola 2010-11 fue de 28.500 hectáreas. No obstante, la existencia de un segundo ciclo de cultivo anual en una parte de los invernaderos de la provincia hace que la superficie efectiva llegue a alcanzar las 36.600 hectáreas.

Durante la campaña agrícola 2010-11, en Almería se cultivaron 20.100 hectáreas siguiendo técnicas de control biológico, lo que supone el 55 % de la superficie dedicada al cultivo hortícola en invernadero; los datos ofrecidos por los agricultores muestran el progreso continuo de esa técnica, lo que hace de Almería uno de los modelos de referencia mundial de horticultura protegida y respetuosa del medio.

La producción hortícola de Almería representa el 60 % de toda la producción hortícola andaluza. La campaña 2010-11 registró un descenso generalizado de precios, motivado en gran parte por la infección alimentaria registrada en Alemania, analizada en párrafos anteriores. La disminución de precios medios del pepino registrados en origen, con relación a los de la campaña 2009-10, fue de 0,43 a 0,41 €/kg,

equivalente a un -5 %, algo menor que el registrado por el tomate (-23 %), la sandía (-28 %) o el calabacín (-40%). No obstante, la producción hortícola de la campaña 2010-11 alcanzó unos 2.000 millones de euros.

La superficie dedicada al cultivo de pepino en la provincia de Almería es de 4.550 hectáreas, equivalente a un 12 % de la superficie total. La producción anual supera las 417.000 toneladas, equivalentes al 16 % de la producción hortícola almeriense. La producción exportada es de 305.000 toneladas, siendo Alemania el principal destino. El valor en origen de las exportaciones de pepino hacia Alemania superó los 200 millones de euros durante la campaña 2010-11.

La climatología tan favorable de Almería, que incluso llega a ser extrema durante la temporada estival, permite el cultivo rotatorio y casi ininterrumpido de hortalizas durante 10 ó 11 meses del año, lo que permite asegurar una oferta anticipada de productos hortícolas en relación con su cultivo convencional en latitudes más frías. La implantación de este tipo de industria agroalimentaria comporta unas inversiones notables, cifradas en torno a 90.000 € por hectárea, sin incluir el coste del suelo de implantación, y ofrece una tasa de empleo directo de más de 2 personas por hectárea, lo que representa una ocupación estimada para el sector almeriense de 80.000 personas ocupadas de forma casi continua durante todo el año es los invernaderos; a esa cifra hay que sumar los empleos en actividades asociadas a la producción hortícola.

Los pepinos incriminados originalmente en el brote de *E. coli* patógeno registrado en Alemania en mayo y julio de 2011 fueron cultivados en un invernadero de Almería y posteriormente comercializados por una empresa de Málaga. Ese invernadero dispone de la calificación de “producción ecológica” en cuanto que no utiliza abonos sintéticos, ni productos fitosanitarios químicos. Además, conviene resaltar que el riego se realiza utilizando aguas subterráneas, obtenidas de diversos pozos próximos.

La utilización del distintivo ecológico de que dispone esta instalación requiere el respeto estricto de esas prácticas agronómicas de forma continuada durante los 3 años previos a su obtención. El control de plagas se realiza mediante procesos naturales de lucha biológica, utilizando insectos específicamente seleccionados. Los invernaderos para el cultivo de pepino en estas instalaciones ocupan de 3 a 4 hectáreas y alcanzan una producción anual de 92.000 kg de pepinos por hectárea. El cultivo se realiza generalmente en dos ciclos o temporadas: el ciclo de otoño-invierno, con plantación entre agosto y septiembre y recogida hasta marzo, y el ciclo de primavera, con plantación en febrero y recogida durante mayo y junio.

## **El cultivo hidropónico en invernadero**

El cultivo en invernadero consiste en crear unas condiciones ambientales controladas mediante la utilización de un cerramiento espacial completo, construido con material plástico o de vidrio. Dentro del recinto del invernadero, el crecimiento vegetal más habitual tiene lugar sobre un sustrato especial (cultivo hidropónico) constituido por lana de roca o perlita, colocada en una funda de plástico conocida como “salchicha” en razón de su forma longitudinal, muy similar al de una salchicha. La sección transversal de esta salchicha puede ser circular o rectangular. La salchicha se coloca directamente sobre el suelo arenoso/pedregoso del invernadero, o se acomoda en un canalón continuo (similar al de la recogida de agua de lluvia en los edificios) situado a unas decenas de centímetros sobre el suelo y apoyado sobre pivotes metálicos. Paralelo al suelo del invernadero, pero varios metros por encima de la salchicha, se dispone un cable de acero del que cuelgan hilos verticales o una malla continua hasta las



**Fotografía 3.** Sustrato hidropónico para el cultivo de pepinos en invernadero, con aporte de agua localizado en el propio medio de enraizamiento.

proximidades de la salchicha. Esta malla sirve para que los tallos de la planta sean “entutorados”, permitiéndoles así soportar el peso de los pepinos, sin que lleguen a troncharse o desmoronarse. Los pepinos se desarrollan en partes de la planta situadas desde alturas de 0,5 metros hasta alcanzar 2,5 metros o más.

La plantación se inicia con la perforación de la parte superior de plástico de la salchicha, de forma que pueda colocarse la plántula, enraizada en una masa de lana de roca en forma de cubo o cilindro de unos pocos centímetros de lado, tal como la suministra el vivero. La plántula puede así iniciar su

crecimiento radicular, penetrando en la masa del material de la salchicha, y su crecimiento vegetativo ascendente, tutorado mediante la malla o cables situados sobre la salchicha. El riego de la salchicha se realiza mediante un tubo de distribución, generalmente plástico, que discurre en paralelo a la salchicha. De este tubo de distribución salen los microtubos de riego que llevan el agua de riego hasta el interior de la salchicha, con una separación de 50 cm entre ellos. El agua se libera en el interior de la salchicha mediante goteros que dejan caer el agua entre el material de relleno (lana de roca o perlita).

El régimen de riego es siempre diario, mediante goteros dispuestos con una densidad de un gotero por metro cuadrado. El caudal nominal más frecuente de estos goteros es de 3 litros/hora. La duración de los riegos en cultivos hidropónicos es de 5 minutos, con una frecuencia diaria de 4-8 riegos en temporada invernal y de 18 riegos o más en temporada estival. Esto significa que, en periodo estival, un gotero puede suministrar algo menos de 5 litros de agua al día. La frecuencia de riego en cultivos hidropónicos viene determinada por el estímulo de sensores de conductividad eléctrica o de nivel de drenaje instalados en las bandejas de drenaje o en las propias salchichas, de modo que las plantas reciban cada día el agua que necesiten de acuerdo con la climatología registrada.

Como se deduce de todo lo anterior, tanto la forma de aplicar el agua como los flujos de agua aplicados y sobre todo la distancia entre el sustrato húmedo y los frutos tutorados en vertical hacen prácticamente imposible que los pepinos puedan entrar en contacto con el agua de riego.

Los pepinos, con una dimensión próxima de 30 a 35 cm y un peso que oscila entre 500 y 700 gramos, son recogidos manualmente, utilizando guantes de protección para evitar posibles rasguños sobre una piel muy delicada y propensa a las marcas y al deterioro visual. Los operadores son especialmente diestros en la manipulación de los frutos para evitar su contacto con ningún otro material y asegurar así el mantenimiento de su calidad y su aspecto visual. Una vez separados de la planta, son depositados en una caja, en la que son transportados al almacén de procesado. Allí son cepillados manual o mecánicamente, mediante unos cepillos muy suaves que retiran los posibles restos vegetales que hayan podido quedar retenidos sobre su superficie. Por último, los pepinos son habitualmente plastificados individualmente, colocados en cajas y sometidos a una línea de frío, hasta ser embarcados en los camiones que los transportarán a su destino final.



**Fotografía 4.** Recogida manual de pepinos cultivados en invernadero.

Como puede comprenderse de todo este proceso de cultivo y manipulación de los pepinos producidos mediante cultivo hidropónico en invernadero en Almería, la barrera infranqueable que separa el agua de riego (ubicada en los poros del material de relleno de la salchicha) de los pepinos (entutorados a una altura de 0,5 a 2,5 o más metros de altura) hace que sea prácticamente imposible que la población microbiana que pueda estar presente en el agua de riego pueda llegar a contaminar superficialmente los pepinos así cultivados. Esto sería aplicable a un agua de riego que cumpla los límites del RD 1620/2007 para el Uso 2.3b y con más motivo si el agua cumple los límites para el Uso 2.1. Por último, conviene resaltar de nuevo, que la instalación almeriense incriminada por la infección de *E. coli* patógeno utilizaba agua subterránea para el riego de sus invernaderos y por tanto las precauciones relativas al agua regenerada no eran aplicables de ningún modo.

## Reflexiones finales

Los métodos actuales de producción, manipulación y distribución de productos hortícolas ofrecen a la sociedad unas posibilidades de consumo variadas, abundantes y muy competitivas, tanto en su disponibilidad estacional como en su calidad y precio. Los medios de transporte actuales permiten disponer en cualquier punto de Europa de productos hortícolas recogidos uno o dos días antes en las zonas más meridionales. La creciente centralización de la producción y el consumo permite asegurar niveles crecientes de calidad y de protección sanitaria. No obstante, esa misma centralización ofrece la posibilidad de que una contaminación accidental de algún producto de consumo puede afectar a un gran número de personas, como ocurrió durante los meses de mayo a julio de 2011 en Alemania, a causa del mayor brote epidémico jamás documentado del síndrome hemolítico-urémico (HUS) y diarrea con sangre provocado por la cepa de *E. coli* O104:H4.

Los niveles actuales de producción y de calidad de los productos hortícolas, especialmente mediante cultivos hidropónicos en invernadero como los desarrollados en Almería, han sido posibles gracias a unas asignaciones muy considerables de recursos económicos y personales que permiten asegurar una producción ecológica de hortalizas de gran calidad, a precios competitivos y en condiciones óptimas de uso de sustratos y de agua. Esa centralización y concentración de recursos permite optimizar los rendimientos, a la vez que requiere unos criterios de calidad muy estrictos en las materias primas, especialmente en la manipulación de los productos y el agua utilizada para su riego. Un fallo accidental en alguno de ellos puede dar lugar a una crisis de comercialización y en definitiva de aceptación del producto, como el registrado durante la denominada “crisis de los pepinos españoles”, que condujo injustificadamente a unas pérdidas para el sector de más de 100 millones de euros y un esfuerzo continuado posterior para recuperar la cuota de mercado de que se disponía antes de esa “crisis”. El episodio fue especialmente grave e injustificado cuando se considera que los pepinos inicialmente incriminados fueron pocos días después exonerados de su papel como fuente del brote epidémico.

Cabe pensar que en ausencia de evidencia analítica sobre el posible papel de los pepinos españoles en el desarrollo del brote epidémico, tal como realmente ocurrió, un mejor conocimiento por parte de la

población de la forma de cultivar, manipular y distribuir estos mismo pepinos, como se ha descrito brevemente en el presente artículo, habría servido para rechazar su incriminación injustificada o cuando menos para cuestionar inmediatamente las incriminaciones que se hicieron o que se puedan hacer en un futuro en situaciones similares. En la era de la comunicación y la transparencia informativa, es especialmente recomendable que todos los partícipes en la cadena alimentaria conozcan con detalle las formas de gestión de los productos que utilizan para su alimentación, de modo que puedan adoptar sus propias opiniones, más allá de las conclusiones apresuradas, injustificadas o incluso irresponsables que algunas personas u organizaciones puedan emitir en algún momento.

Estas reflexiones son particularmente aplicables a la calidad del agua utilizada para el riego de los productos hortícolas, especialmente cuando su fuente pueda ser una estación de regeneración de agua. La forma práctica de utilizar el agua de riego, junto con la calidad del agua, tanto si es agua de fuentes de abastecimiento convencionales como si es agua regenerada, permiten valorar la posibilidad real de que el agua de riego sea la responsable de un brote epidémico como el registrado en Alemania y Francia en 2011. La barrera infranqueable que un cultivo hidropónico en invernadero ofrece a la contaminación de los pepinos por el agua de riego permite descartar razonablemente el agua como posible fuente de contaminación, al margen de su calidad microbiológica y especialmente si es un agua regenerada que satisface las normas de calidad aplicables para ese tipo de uso según la normativa española, contenida en el RD 1620/2007.

La adopción por parte de los productores hortícolas españoles de los criterios de calidad más exigentes especificados en el RD 1620/2007, es decir los de mejor calidad absoluta con independencia del método de uso del agua, junto con una divulgación sistemática de esos esfuerzos por parte de los usuarios del agua han de contribuir a afianzar la reputación como productos de calidad a los regados con ese tipo de aguas y a evitar que una incriminación injustificada pueda calar en la opinión pública en la forma y con el alcance con que lo hizo la denominada “crisis de los pepinos españoles”. La industria española de la horticultura y de la gestión de la calidad del agua dispone de los conocimientos, la experiencia y los medios para hacerlo; es cuestión de impulsar de forma decidida y sistemática su realización y su divulgación entre todos los medios de información y de comunicación social.

Por último, conviene resaltar que una aplicación sistemática y sencilla de las normas de higiene básicas para la manipulación de alimentos, como es su lavado previo cuando se van a consumir crudos, permite asegurar la desinfección efectiva de frutas y hortalizas, ante la posibilidad de que durante su cultivo y su comercialización hayan podido ser contaminados microbiológicamente. La capacidad desinfectante del agua de consumo humano (tal como sale por los grifos domésticos), incluso mejorada con la adición de pequeñas cantidades de desinfectantes domésticos, permite asegurar la desinfección efectiva y fiable de productos frutícolas y hortícolas que vayan a consumirse crudos y evitar así la aparición de brotes epidémicos o incluso puntuales como el causado por las cepas patógenas de *E. coli* o de otras bacterias transmitidas por el agua.

## Referencias

Comisión Europea (2011). Declaración del Comisario europeo de Sanidad y Política de Consumidores sobre el brote de *E. coli*. [http://ec.europa.eu/spain/novedades/salud\\_publica/brote-ecoli-reaccion-comisario-europeo-sanidad\\_es.htm](http://ec.europa.eu/spain/novedades/salud_publica/brote-ecoli-reaccion-comisario-europeo-sanidad_es.htm)

- 
- Comisión Europea (2011). La Comisión Europea pide un levantamiento inmediato del bloqueo ruso a las importaciones de hortalizas de la UE. [http://ec.europa.eu/spain/novedades/salud\\_publica/pepinos-reaccion-ce-rusia\\_es.htm](http://ec.europa.eu/spain/novedades/salud_publica/pepinos-reaccion-ce-rusia_es.htm)
- European Food Safety Authority (EFSA), (2011). Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 outbreaks in Europe: Taking Stock. EFSA Journal 2011; 9(10): 2390. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2390.htm>
- Ministerio de la Presidencia (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE núm. 294, sábado 8 diciembre 2007, páginas 50639-61. <http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50639-50661.pdf>
- Rasko, David A. and co-authors (2011). Origins of the *E. coli* Strain Causing an Outbreak of Hemolytic-Uremic Syndrome in Germany. The New England Journal of Medicine, 365; 8, August 25, 2011, páginas 709-717. <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1106920#t=article>
- Sprenger, Marc (2011). Understanding the 2011 EHEC/STEC outbreak in Germany. ICAAC Conference, 17 September 2011, Chicago. European Centre for Disease Prevention and Control. [http://www.ecdc.europa.eu/en/aboutus/organisation/Director%20Speeches/201109\\_MarcSprenger\\_STEC\\_ICAAC.pdf](http://www.ecdc.europa.eu/en/aboutus/organisation/Director%20Speeches/201109_MarcSprenger_STEC_ICAAC.pdf)