

COTEC es una fundación de origen empresarial que tiene como misión contribuir al desarrollo del país mediante el fomento de la innovación tecnológica en la empresa y en la sociedad españolas.

ISBN 978-84-95336-87-3



9

Cotec 

Fundación Cotec
para la Innovación Tecnológica
Pza. Marqués de Salamanca 11, 2.º izqda.
28006 Madrid
Teléf.: (34) 91 436 47 74
Fax: (34) 91 431 12 39
<http://www.cotec.es>

ACCÍO CIDEM/COPCA
ACCIONA INFRAESTRUCTURAS
ADER (LA RIOJA)
AGENCIA CANARIA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y SOCIEDAD DE LA
INFORMACIÓN
AGENCIA DE INVERSIONES Y SERVICIOS
(CASTILLA Y LEÓN)
AGENCIA NAVARRA DE INNOVACIÓN Y
TECNOLOGÍA
ALMA CONSULTING GROUP
ALMIRALL
ALSTOM ESPAÑA
APPLUS +
ASOCIACIÓN INNOVALIA
ATOS ORIGIN ESPAÑA
AYUNTAMIENTO DE GIJÓN
AYUNTAMIENTO DE VALENCIA
BILBAO BIZKAIA KUTXA
CAJA DE AHORROS Y MONTE DE PIEDAD
DE MADRID
CAJA DE AHORROS Y PENSIONES DE
BARCELONA
CÁMARA DE COMERCIO E INDUSTRIA DE
MADRID
CENTRO TECNOLÓGICO DE
AUTOMOCIÓN DE GALICIA
CLARKE, MODET & CO
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN Y CIENCIA
DE CASTILLA-LA MANCHA
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y
EMPRESA (JUNTA DE ANDALUCÍA)
CONSULTRANS
DELOITTE
DEPARTAMENTO DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA Y UNIVERSIDAD DEL
GOBIERNO DE ARAGÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN DE LA
COMUNIDAD DE MADRID
DIRECCIÓN GENERAL DE
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E
INNOVACIÓN DE LA XUNTA DE GALICIA
EADS ASTRIUM-CRISA
ENDESA
ENRESA
ESTEVE
EUROCONTROL
EUROPRACTIS
EUSKALTEL
EVERIS
FREIXENET
FUNDACIÓ CATALANA PER A LA

RECERCA I LA INNOVACIÓ
FUNDACIÓN BANCO BILBAO-VIZCAYA
ARGENTARIA
FUNDACIÓN BARRIÉ DE LA MAZA
FUNDACIÓN CAMPOLLANO
FUNDACIÓN FOCUS-ABENGOA
FUNDACIÓN IBIT
FUNDACIÓN LILLY
FUNDACIÓN RAMÓN ARECES
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA
FUNDACIÓN VODAFONE
FUNDECYT (EXTREMADURA)
GÓMEZ-ACEBO & POMBO ABOGADOS
GRUPO ACS
GRUPO ANTOLÍN IRAUSA
GRUPO LECHE PASCUAL
GRUPO MRS
GRUPO PRISA
GRUPO SPRI
HIDROCANTÁBRICO
HISPASAT
IBERDROLA
IBM
IMADE
IMPIVA
IMPULSO
INDRA
INSTITUTO DE FOMENTO DE LA REGIÓN
DE MURCIA
INSTITUTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO DEL PRINCIPADO DE
ASTURIAS
INTELLIGENT DATA
LA SEDA DE BARCELONA
MERCADONA
MERCAPITAL
MIER COMUNICACIONES
NUCLEO
OHL
O-KYAKU
PATENTES TALGO
REPSOL YPF
SADIEL
SEPES
SERCOM
SIDSA
SODERCAN (CANTABRIA)
SOLUTEX
TECNALIA
TELEFÓNICA
UNIÓN FENOSA
VICINAY CADENAS
ZELTIA

26

INVERNADEROS DE PLÁSTICO



FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

DOCUMENTOS COTEC SOBRE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS

26

INVERNADEROS
DE PLÁSTICO

26

INVERNADEROS DE PLÁSTICO

Primera edición:
Enero 2009

Depósito legal: M. 57.116-2008
ISBN: 978-84-95336-87-3

Imprime:
Gráficas Arias Montano, S. A.

ÍNDICE

Presentación	9
1. La agricultura bajo plástico en España	13
1.1. Historia	13
1.2. Superficie	14
1.3. Cultivos	16
1.4. Importancia económica	18
2. Estado de la tecnología	19
2.1. Materiales	19
2.1.1. Cubiertas	19
2.1.2. Estructuras	20
2.1.3. Sustratos	22
2.2. Sistemas electro-mecánicos	23
2.2.1. Mecanización	23
2.2.2. Climatización	24
2.2.3. Fertirrigación	25
2.3. Sistemas biológicos auxiliares	28
2.3.1. Polinizadores	28
2.3.2. Producción integrada	28
3. Oportunidades tecnológicas	33
3.1. Materiales	34
3.1.1. Cubiertas	34
3.1.2. Estructuras	37
3.1.3. Sustratos	38
3.2. Sistemas electro-mecánicos	39
3.2.1. Mecanización	39
3.2.2. Climatización	43
3.2.3. Fertirrigación	53
3.3. Sistemas biológicos auxiliares	54
3.3.1. Polinizadores	54
3.3.2. Producción integrada	55

4. Nuevas aplicaciones del invernadero	59
4.1. Acuicultura: cultivo de peces y crustáceos ..	59
4.2. Acuicultura: cultivo de algas	62
4.3. Energía solar	63
4.4. Desalación de agua	65
4.5. Biominería	67
5. Referencias bibliográficas	69
6. Anexos	73
Anexo 1. Tipos de filmes plásticos para cubierta de invernadero	73
Anexo 2. Desarrollos recientes en materiales para cubierta de invernadero	77
Anexo 3. Normativa para los invernaderos plásticos...	83
Anexo 4. Ayudas para la innovación tecnológica en el sector agrícola	87
Anexo 5. Directorio de organismos de investigación, asociaciones, entidades, ferias y proyectos de interés	89

PRESENTACIÓN

Entre los objetivos de Cotec está su aspiración a que se consolide la innovación tecnológica como valor cultural y como norma de conducta empresarial, y la identificación y presentación de oportunidades tecnológicas puede contribuir en esa línea a que el tejido empresarial y social español incremente su capital técnico, su capacidad innovadora y su competitividad.

La colección de documentos Cotec sobre Oportunidades Tecnológicas está orientada a cumplir el mencionado objetivo a través de la sensibilización hacia el uso de la tecnología en el ámbito empresarial. Cada trabajo se edita después de un proceso de debate, que tiene lugar en sesiones de identificación de las oportunidades que ofrece una determinada tecnología o un grupo de tecnologías. Estas sesiones son organizadas por la Fundación Cotec con un cualificado grupo de expertos empresariales y del sistema público de I+D.

En España la agricultura por métodos clásicos ha sufrido una reducción significativa en las últimas décadas, pero ha conseguido expandir líneas de cultivo gracias al gran desarrollo de los invernaderos de plástico. El empleo de esta tecnología y su continuo avance ha permitido elevar notablemente la productividad de los cultivos y la calidad de los productos, así como aumentar la eficiencia en los procesos y mejorar las condiciones de trabajo.

Siendo consciente de la variedad de nuevas posibilidades que la tecnología de invernaderos de plástico va a tener tanto en la agricultura como en otros sectores, la Fundación Cotec organizó un debate dedicado a este tema el día 6 de mayo de 2008, cuyo resultado es este documento. Después de una breve introducción donde se describe la importancia de la agricultura bajo plástico en España, se tratan con cierta profundidad las tecnologías implicadas (materiales, sistemas electro-mecánicos, sistemas biológicos, etc.), insistiendo sobre todo en las oportunidades tecnológicas derivadas, que se han enriquecido con sugerencias de nuevas aplicaciones de invernaderos. El documento se completa con una serie de anexos técnicos, un listado de referencias y un directorio de la capacidad tecnológica existente en España procedente de organismos de investigación, centros tecnológicos, asociaciones y entidades relacionadas con el sector.

La sesión contó con la colaboración de un grupo de investigadores y de expertos empresariales, y tanto el debate como la preparación del documento fueron coordinados por Enrique Espí y Yolanda García. La Fundación Cotec quiere dejar constancia de su agradecimiento a los coordinadores y a los demás participantes en la sesión, sin cuyo esfuerzo, comentarios y valiosas sugerencias este documento no hubiera sido posible.

Cotec, 2009

N. del E.: A lo largo del texto aparecen 31 llamadas de nota que no se reflejan al pie de la página correspondiente porque se entremezclan y repiten sin ser citas textuales; por lo tanto se ofrecen todas ellas en un capítulo aparte (páginas 69-72).

PARTICIPANTES EN LA SESIÓN COTEC DE IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS SOBRE «INVERNADEROS DE PLÁSTICO»

Expertos participantes

- Francisco Alía
Repsol YPF
- Juan Andrés Álvarez
Grupo Armando Álvarez
- Nicolás Castilla Prados
Instituto de Investigación y Formación Agraria
y Pesquera
- Fernando Catalina
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC
- Enrique Collado
Ulma Agrícola
- José María Durán
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Agrónomos, UPM
- M.^a del Carmen Galera
Fundación Tecnova
- Alberto González
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agroalimentario, IMIDA
- Nabil Khayyat
CDTI

- Andrés López
FECOAM
- Manuel López
Grupo TPM
- Alfredo López Carretero
CIT Adesva
- Juan Ignacio Montero
IRTA
- Jerónimo Pérez Parra
Estación Experimental de Fundación Cajamar
«Las Palmerillas»
- José Antonio Rodríguez
Biomiva, S.L.
- Fernando Rull
Universidad de Valladolid
- Alejo Soler Rodríguez
Agrobío

Coordinadores

- Enrique Espí
Repsol YPF
- Yolanda García Alonso
Repsol YPF



LA AGRICULTURA BAJO PLÁSTICO EN ESPAÑA

1.1. HISTORIA

La idea de cultivar plantas en un entorno con clima controlado se remonta a tiempos de los romanos. Parece ser que los médicos del emperador Tiberio le aconsejaron comer un pepino al día y sus jardineros desarrollaron un método de cultivo para hacerlo llegar a su mesa cada día del año. Las plantas se colocaban bajo estructuras cubiertas con telas impregnadas en aceite, conocidas como «specularia», o con láminas de mica.¹

Los primeros invernaderos modernos,² cubiertos con vidrio, se construyeron en Italia en el siglo XIII para albergar las plantas exóticas que los exploradores traían de los trópicos. El experimento se extendió rápidamente a Holanda e Inglaterra, junto con las plantas. Estos primeros intentos requerían una gran cantidad de trabajo para cerrarlos por la noche o durante el invierno y tenían serias dificultades para mantener un nivel térmico adecuado.

Con el desarrollo de la Ciencia Botánica, los invernaderos pasaron a las universidades. En Inglaterra a veces se conoce a los invernaderos como «conservatories», porque servían para conservar las plantas. Los franceses llamaron a los primeros invernaderos «orangeries», porque protegían a los naranjos de las heladas.

La experimentación con el diseño de los invernaderos continuó durante el siglo XVII, mientras se producían cada vez mejores calidades de vidrio y avanzaban las técnicas constructivas. El invernadero del Palacio de Versalles es un buen ejemplo de esta época.

En el siglo XIX se construyeron los mayores invernaderos de vidrio. El invernadero de los Kew Gardens en Inglaterra es un ejemplo de invernadero victoriano, que incluiría también el Crystal Palace de Londres, el Crystal Palace de Nueva York y el Glaspalast de Munich.

Ya en el siglo XX el desarrollo económico impulsó, especialmente tras la segunda guerra mundial, la construcción de invernaderos de cristal. Holanda superó las cinco mil hectáreas a mediados del siglo XX especialmente dedicadas al cultivo del tomate.

La utilización de los materiales plásticos como cubiertas de invernadero es relativamente reciente.³ Se inició en el año 1948 en EEUU con el prof. E. M. Emmert de la Universidad de Kentucky, quien tuvo la idea de sustituir el vidrio por celulosa regenerada (papel celofán) para cubrir una estructura de madera. Desde entonces los invernaderos de plástico se han extendido por los cinco continentes y han desplazado al vidrio como material de cerramiento.

En España los primeros invernaderos de plástico se instalaron en 1958 en Canarias y no se extendieron a la península hasta 1965.⁴ El crecimiento de la superficie invernada ha sido continuo desde entonces.

1.2. SUPERFICIE

Si consideramos toda la superficie del globo terrestre, los invernaderos están concentrados en dos áreas geográficas:⁵ en Extremo Oriente (especialmente China, Japón y Corea) se agrupa el 80% de los invernaderos del mundo y en la cuenca mediterránea cerca de un 15% (figura 1). El crecimiento es lento en Europa, pero en África y en Orien-

te Medio está siendo del 15 al 20% anual. Cabe destacar China, que ha pasado de tener 4.200 hectáreas en 1981 a 1.250.000 hectáreas en 2002 (30% por año).⁶ Excluyendo China, la superficie mundial de invernaderos se puede calcular en 350.000 hectáreas.

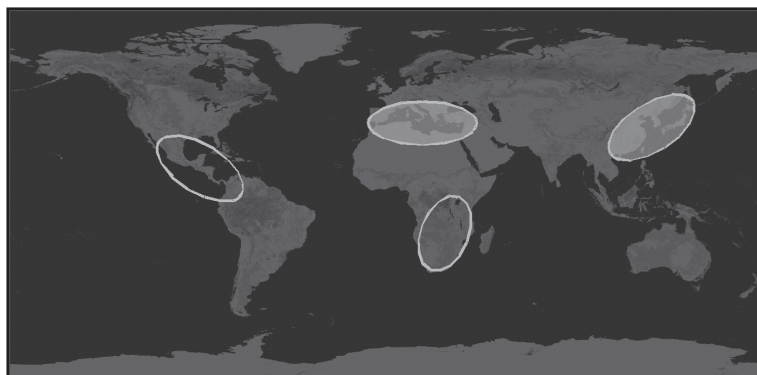


Figura 1

Distribución geográfica de los invernaderos en el mundo

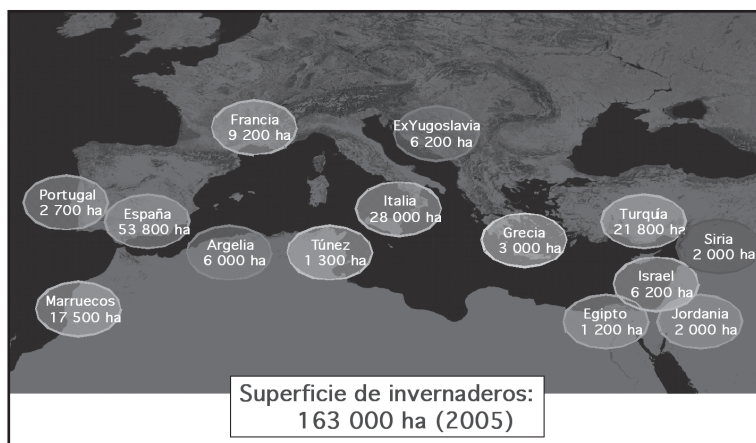


Figura 2

Distribución de los invernaderos en la cuenca mediterránea

En la cuenca mediterránea (figura 2) destacan las superficies cubiertas en España e Italia, aunque en este último país las cifras varían mucho dependiendo de las fuentes consultadas.^{7,8} Los países que están creciendo más son Marruecos y Turquía, mientras que otros como Francia están en recesión.

Dentro de España⁹ los invernaderos se concentran en las comunidades autónomas de Andalucía, donde Almería presenta la mayor concentración de invernaderos del mundo, Murcia y Canarias (figura 3).

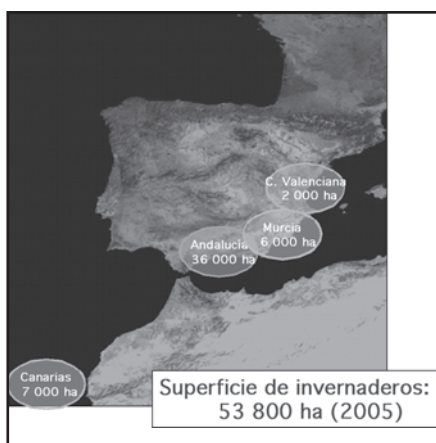


Figura 3

Distribución de los invernaderos en España

1.3. CULTIVOS

De la superficie total bajo invernadero existente en España, 53.800 hectáreas (ha), el 88% está dedicada al cultivo de hortalizas (tomate, pimiento, pepino, judía verde, fresa, melón, sandía, berenjena, calabacín y lechuga, en orden descendiente de importancia). La producción de flores (principalmente clavel y rosa) y plantas ornamentales ocupa el 5% del área cubierta. El plátano es el principal cultivo arbóreo bajo plástico y ocupa el resto de la superficie.

Según cifras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA),^{10,11} los principales cultivos en invernadero en España son los que aparecen en la tabla 1. Nótese que la superficie total de todos los cultivos es superior a la superficie de invernaderos existentes en España. Esto es debido a que en muchos invernaderos se dan dos y hasta tres ciclos de cultivo al año, generalmente combinando cultivos de otoño-invierno (tomate, pimiento, etc.) con otros de primavera (melón, sandía, etc.).

<i>Cultivo</i>	<i>Superficie (hectáreas)</i>	<i>Producción (toneladas)</i>
Tomate	17.938	1.682.441
Pimiento	12.187	798.358
Melón	9.461	315.534
Fresa y fresón	7.541	252.820
Judía verde	6.961	126.739
Pepino	5.676	541.706
Sandía	5.116	335.512
Calabacín	4.452	247.464
Berenjena	1.707	112.952
Lechuga	784	24.986
Otras hortalizas	3.721	—
Total hortalizas	75.544	—
Clavel	1.164	—
Rosa	355	—
Otras flores	694	—
Plantas ornamentales	1.213	—
Total flores y ornamentales	3.427	—
Platanera	2.683	—
Total frutales	2.683	—
TOTAL	81.654	—

Tabla 1

Principales cultivos bajo invernadero en España en 2006^{10, 11}

1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA

La producción de hortalizas y flores se ha multiplicado en las últimas décadas gracias a la agricultura bajo plástico. Un buen ejemplo es la provincia de Almería, donde las técnicas de agricultura intensiva han contribuido a una mejora importante del nivel económico local, como muestra la renta per cápita, que ha pasado de ser la segunda más baja en 1970, a ocupar el quinto puesto. Mientras que en 1975 la agricultura almeriense facturaba 9.500 millones de pesetas (57 millones de euros), en la campaña 2006-2007 se alcanzó la cifra de 1.443 millones de euros.^{12,13}

La producción en esta última campaña ascendió a 2.841 millones de toneladas, de los que se exportaron 1.512 millones de toneladas. El 96% de estas exportaciones tuvieron como destino la Unión Europea, destacando Alemania (26,6%), Francia (18,2%), Holanda (14,7%) y Reino Unido (11%). El sector da trabajo de forma directa a 45.100 personas en la provincia de Almería (número de trabajadores afiliados al régimen especial agrario de la Seguridad Social), de las que 21.300 son extranjeras.

2

ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

2.1. MATERIALES

2.1.1. Cubierta

Los materiales plásticos empleados como cubiertas de invernadero se pueden clasificar en filmes flexibles, placas rígidas y mallas, aunque la superficie cubierta con los primeros supera con mucho a las otras dos opciones.

Los filmes plásticos utilizados para cubierta de invernadero^{5,14,15} habitualmente tienen espesores comprendidos entre 80 y 220 micrómetros (μm)* y anchos de hasta 20 metros. En mercados avanzados se pueden encontrar filmes monocapa y tricapa. Respecto a los polímeros utilizados, el polietileno de baja densidad (LDPE) y los copolímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA) y acrilato de butilo (EBA) representan más del 80% del mercado mundial, el cual incluye también PVC en Japón y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) en el resto del mundo. Las cubiertas de invernadero han ido evolucionando desde su lanzamiento en los años cincuenta. Actualmente el tiempo de vida útil alcanza hasta cuarenta y cinco meses (frente a los nueve de hace unas décadas), dependiendo de los fotoestabilizantes utilizados, la localización

* Un micrómetro ($1 \mu\text{m}$) es la milésima parte del milímetro.

geográfica, el uso de pesticidas, etc. La Norma para filmes de invernadero UNE-EN 13206:2002 «Filmes termoplásticos de cubierta para su utilización en agricultura y horticultura» se ha publicado recientemente e incluye instrucciones sobre cómo medir el tiempo de vida, las dimensiones, propiedades ópticas y mecánicas, así como la opacidad a la radiación infrarroja; sin embargo, no incluye información sobre el comportamiento de los filmes respecto a la condensación (efecto antigoteo o antiniebla) o el efecto de los pesticidas en el envejecimiento acelerado. Se puede encontrar más información técnica en los anexos 1 y 2.

Las placas rígidas tienen espesores mayores que los filmes, del orden del milímetro, y a veces presentan estructuras alveolares. Los materiales más utilizados son el poliéster reforzado con fibra de vidrio, el policloruro de vinilo (PVC), el policarbonato (PC) y el polimetacrilato de metilo (PMMA). Su empleo se reduce a invernaderos para cultivo de alto valor añadido o cuando se necesita que la cubierta tenga una gran duración (10-15 años).

El empleo de mallas en lugar de filmes como material de cerramiento, que no generan «efecto invernadero» y sí «efecto sombreo» y «efecto cortavientos» es una opción de cultivo protegido que tiene cierta importancia en áreas de temperaturas invernales benignas, como las Islas Canarias y, en verano, en zonas de interior de cota alta, como la provincia de Granada. No existe para las mallas una norma española análoga a la de los filmes.

2.1.2. Estructura

En cuanto a los materiales estructurales,¹⁶ aproximadamente el 50% de los invernaderos son de estructura metálica (tubo de acero galvanizado), mientras que un 30% es de madera y el resto es de estructura mixta, entendiendo como tal el uso combinado de laminados de madera, per-

files metálicos, etc. Los materiales metálicos han ido sustituyendo a la madera, al mismo tiempo que la superficie media de un invernadero iba creciendo, siendo en la actualidad de unos 8.000 metros cuadrados.

La geometría ha ido pasando de la estructura plana, frecuente hace unos años, a otras estructuras más avanzadas^{1,16,17} (figura 4). Aun así, la mayor parte de los invernaderos sigue siendo de estructura plana, aunque la que más se está construyendo (un 55%), es la «raspa y amagado» simétrico, que surge a partir de la estructura plana ante la necesidad de poder evacuar el agua de lluvia con la cubierta simétrica a dos aguas. Estos dos tipos copan casi todo el mercado, lo que da una idea de la homogeneidad de las geometrías y de la escasa diversificación que éstas han tenido hasta el momento. El resto de estructuras se reparte entre multicapilla «raspa y amagado»

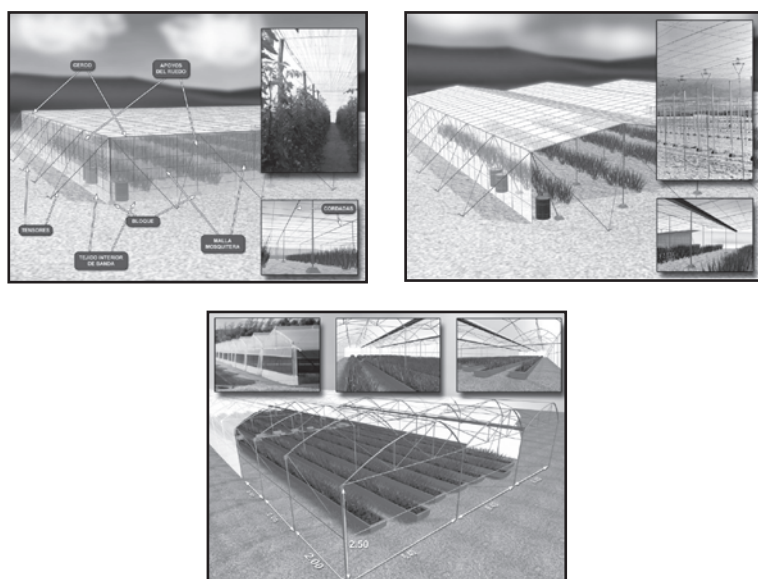


Figura 4

Tipos de estructuras de invernadero: plana (arriba), «raspa y amagado» simétrico (centro) y multitúnel (abajo)

asimétrico (mayor superficie del plano expuesto al sur con el objeto de aumentar la capacidad de captación de radiación solar), multitúnel, macrotúnel y otros. Por zonas geográficas, Almería se decanta por las estructuras tipo «raspa y amagado», mientras que en Murcia abundan más las estructuras multitúnel y en Huelva las de tipo túnel. Para cultivos ornamentales está más generalizada la utilización de invernaderos multitúnel en todas las zonas geográficas.

El aspecto que más ha variado en la geometría en los últimos años ha sido el crecimiento en la altura media del invernadero. Este se traduce en un aumento del volumen unitario (m^3/m^2), de forma que aumenta la inercia del invernadero a los cambios en los diferentes parámetros del clima (temperatura, humedad ambiental, déficit de presión de vapor, dióxido de carbono...) y amortigua los cambios bruscos de dichas variables. El incremento de altura también tiene un efecto positivo sobre la ventilación natural y hace el invernadero más funcional y susceptible de adaptación a sistemas de climatización activa y más apto para su posible mecanización. La altura promedio de los invernaderos más recientes es de 3 a 4 m, en comparación con los de 2,5 a 3 m de hace veinticinco años. La anchura de las capillas (cada una de las naves en las que se divide el invernadero) varía de 6 a 8 m de los simétricos frente a los 12 m de los asimétricos.

2.1.3. Sustratos

Una de las técnicas que más ha influido en el desarrollo de la agricultura bajo plástico ha sido el enarenado.^{1,16} Esta técnica consiste en la incorporación de una capa de arena de unos diez centímetros de espesor sobre el suelo, que confiere importantes ventajas: la arena crea un microclima favorable para la planta, ya que altera el balance de agua y energía, aumentando la temperatura y estimu-

lando la fotosíntesis. También la humedad del suelo se conserva durante un tiempo más prolongado debido a la reducción de la evaporación, con el consiguiente ahorro de agua de riego.

Junto al enarenado, los cultivos en sustrato (medio de cultivo artificial sobre el que crece la planta) constituyen una alternativa interesante y con un rápido crecimiento en los últimos diez años, llegando al 20% de la superficie en Almería. Los sustratos más habituales son la lana de roca (9%), perlita (10%) y fibra de coco (1%). También se utiliza la turba tanto negra, con mayor contenido de materia orgánica, como rubia, más inerte. Para cultivos ornamentales existen sustratos apropiados para las distintas especies, que combinan mezclas de distintos sustratos en función de las necesidades de retención de agua o de duración de los cultivos.

Hay una tendencia a la implantación de cultivos en sustrato en los invernaderos de reciente construcción, por el menor coste inicial frente al enarenado, llegando al 50% en los invernaderos de menos de cinco años de antigüedad.

También se está introduciendo el cultivo hidropónico puro, sin sustrato, en cultivos como la fresa, aunque su superficie es aún escasa.

2.2. SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS

2.2.1. Mecanización

La horticultura bajo invernadero se ha caracterizado por ser una agricultura intensiva en mano de obra frente a un relativamente bajo nivel de mecanización.^{1,16} En la actualidad el 40% de las explotaciones cuenta con tractor y, aunque un 10% tiene más de veinte años, la incorporación de tractores es creciente en los últimos años. Con ellos se cubren labores de mantenimiento del suelo, tratamientos fitosanitarios, transporte del cultivo dentro de la explotación y,

en menor grado, el transporte del producto hasta el centro de comercialización.

Se observa actualmente un crecimiento importante en la incorporación de maquinaria auxiliar a las explotaciones, destinada a mejorar la productividad en labores de transporte y carga de la producción.

Los invernaderos para cultivos ornamentales tienen en general un grado de automatización mayor que los de plantas hortícolas, con sistemas de movimiento de plantas dentro del invernadero o de trazabilidad desde la semilla hasta el consumidor final mediante código de barras.

El sistema más generalizado para la aplicación de los tratamientos fitosanitarios es la pulverización, empleando para ello instalaciones fijas, presentes en más del 85% de la superficie bajo plástico. En los últimos años se ha producido un crecimiento muy importante de los pulverizadores hidro-neumáticos (cañones).

2.2.2. Climatización

En España los sistemas de climatización como la calefacción o la refrigeración activa son bastante escasos,^{1,16,17} aunque en otras áreas geográficas más frescas o con cultivos de mayor valor añadido, por ejemplo ornamentales, éstos son más frecuentes. Los sistemas de calefacción más utilizados, por ser los más baratos, son los generadores de aire caliente (combustión directa e indirecta) y los sistemas de tubería por los que circula agua caliente a temperatura media (30-45 °C). Menos utilizados son los sistemas basados en conducción de agua a alta temperatura (80-85 °C) por tuberías metálicas, por el alto coste de la inversión inicial. Los invernaderos con calefacción más frecuentes son los de tipo multicapilla o multitúnel, de gran altura en cumbre (punto más alto del invernadero) y con una antigüedad menor de cinco años. Su superficie también está por encima de la media (8.900 m²), pertenecen a fincas de gran

tamaño que siempre tienen electricidad y el nivel técnico de sus propietarios suele ser también superior a la media.

Los sistemas de ventilación lateral suelen ser de ventana enrollable o plegable (ventana flexible que se enrolla o pliega sobre un eje). Los de ventilación cenital suelen ser de banda deslizante, ventana abatible (ventana rígida que gira sobre un eje para abrir y cerrar), ventana enrollable o sin ventilación. El automatismo en el accionamiento de las ventanas, ya sea con motores independientes (sistemas semiautomáticos) o con programadores de clima (automáticos, con sensores de viento y temperatura) es poco significativo con respecto a los sistemas de accionamiento manual, pero continúa creciendo.

La refrigeración por evaporación de agua para reducir temperatura y aumentar la humedad ambiental dentro de los invernaderos es una alternativa que empieza a utilizarse. Los equipamientos de implantación más reciente y con más posibilidades de expansión son los sistemas de nebulización o pulverización de agua.

2.2.3. Fertirrigación

Fertirrigación es la aplicación de forma simultánea de los fertilizantes y el agua de riego. La fertirrigación se encontró en sus inicios con una serie de inconvenientes que dificultaban el manejo y la aplicación de los fertilizantes a través del entonces novedoso sistema de riego por goteo.^{16,18}

Tradicionalmente los fertilizantes empleados para la aplicación en el suelo presentaban unas características que limitaban su uso en los sistemas de riego localizado, que son aquellos que aportan agua a puntos muy concretos, generalmente cerca de las raíces de las plantas. Tales características eran su escasa solubilidad, que provocaba obturación de goteros y filtros; la gran cantidad de impurezas, que impedía el control de las aportaciones y des-

virtuaba los valores de salinidad o conductividad eléctrica del agua de riego; formulaciones descompensadas (ricas en ciertos elementos que, si bien son necesarios para los cultivos, en porcentajes excesivos son dañinos). En la actualidad existe una amplia gama de abonos solubles, con elevado grado de pureza y una gran variedad de formulaciones adaptables a las necesidades del cultivo en cada fase de crecimiento.

Paralelamente al desarrollo de fertilizantes aptos para fertirrigación, se han producido importantes avances en los sistemas de filtrado, que se han traducido en nuevos materiales resistentes a la corrosión, mejoras en el diseño y fabricación del elemento filtrante (mallas de gran fiabilidad, anillas microrranuradas de precisión...) y aparición de los sistemas automáticos de filtrado, que garantizan la limpieza continua del sistema.

El riego por goteo es una tecnología que se impuso en la década de los años ochenta y, en la actualidad, la utilizan casi todos los invernaderos.¹⁶ Hay que destacar la importante renovación que han experimentado los sistemas de riego por goteo: el 80% tiene menos de diez años y el 55% menos de cinco. En paralelo, se ha producido una mejora en la calidad de los goteros: el 80% de los invernaderos presenta una uniformidad excelente (coeficiente de uniformidad mayor del 90%). El consumo de agua por hectárea y año ha pasado en Almería de 7.000 m³ en el año 1982 a 5.500 m³ en la actualidad, con una eficiencia económica media (valor en la producción en finca) de 9 euros por m³ de agua empleada.

Sin embargo, el factor que más contribuye a la elevada eficiencia en el uso del agua en los cultivos bajo invernadero es el menor consumo de agua frente a los mismos cultivos al aire libre. La cubierta plástica reduce la demanda hídrica debido a la reducción de la radiación solar y al confinamiento, que limita los intercambios con el entorno exterior. En regiones con alta insolación el invernadero puede reducir el consumo de agua hasta en un 50%.

El cabezal de riego es un componente importante tanto por su repercusión económica en la inversión inicial como por el papel que juega en la fertilización. Aunque cada sistema es diferente en función de las necesidades del regante, suele incluir una unidad de bombeo, filtros, equipos de fertilización y elementos de control y medida.

El sistema de incorporación de abonos es uno de los de mayor importancia. Los tipos más habituales suelen ser la abonadora (sistema en el que los fertilizantes son disueltos por parte del caudal de agua que circula por un depósito auxiliar) (50%) y el *venturi* (sistema en el que los fertilizantes se inyectan directamente en la corriente del agua de riego con un sistema de succión: 35%), aunque el primero es más antiguo. El sistema de fertilización manual está ligado a la presencia anecdótica de algunos invernaderos con riego a pie. La abonadora y la absorción directa son sistemas obsoletos, ya que la incorporación del abono se produce de forma variable a lo largo del tiempo, lo que se traduce en oscilaciones de la conductividad eléctrica del agua de riego. En la actualidad los sistemas más instalados son los de tipo *venturi*.

Otro factor de creciente incorporación es el programador de riego, presente en más del 30% de los invernaderos y ligado al crecimiento de la superficie de cultivo sin suelo. El 86% de los programadores se instaló hace menos de cinco años.

Más del 80% de las fincas tiene balsa de riego, con una capacidad media de 2.000 m³. En su mayor parte están construidas con hormigón, aunque se tiende a utilizar cada vez más la geomembrana plástica.

Todos los invernaderos, excepto los de cubierta plana, permiten la recogida de las aguas pluviales y su conducción a la balsa si dispone de las condiciones apropiadas. Se estima que un buen sistema de recogida de aguas pluviales puede cubrir un notable porcentaje de las necesidades hídricas de los cultivos.

2.3. SISTEMAS BIOLÓGICOS AUXILIARES

2.3.1. Polinizadores

Para obtener una buena cosecha en frutales y hortalizas de fruto, es necesario que las flores se polinicen.¹⁹ El transporte del polen puede llevarse a cabo por un agente físico, caso del viento, o un agente biológico, como los insectos. Los cultivos protegidos necesitan ayuda para que se produzca una polinización óptima, siendo uno de los métodos más utilizados el empleo de abejorros. La introducción de estos insectos en cultivos bajo plástico, desde finales de los años ochenta, se ha incrementado y ha sido aceptada por los agricultores. Esto se ha debido a que anteriormente la polinización se hacía con vibradores eléctricos o con hormonas, siendo muy laboriosa y con alto coste de mano de obra. En la actualidad, el uso de abejorros en invernadero ha permitido abaratar los costes de producción, mejorando la calidad de los frutos y haciendo que el uso de tratamientos fitosanitarios se haya dejado en un segundo plano para dejar paso a la introducción de organismos de control biológico para el control de plagas.

2.3.2. Producción integrada

El control fitosanitario ha sido siempre uno de los caballos de batalla de la agricultura y así, a medida que se producían innovaciones tecnológicas, se han ensayado aplicaciones en este sentido: a principios del siglo XX se experimentó con corrientes eléctricas, campos electromagnéticos, distintos tipos de radiaciones, frecuencias, etc. Pero lo que sin duda ofreció un resultado rotundo fue el avance de la industria química, produciéndose un gran desarrollo de la agricultura a partir de la segunda mitad de siglo, avances jalonados de indudables éxitos y también de bastantes di-

ficultades. Una de estas dificultades es la pérdida de eficacia en el control de plagas debido al desarrollo de resistencias a las materias activas utilizadas. Además en las últimas décadas la agricultura ha conllevado graves contaminaciones y degradaciones del medio por el exceso de plaguicidas y de agroquímicos en general.

A partir de la década de los noventa la preocupación por la preservación del medio ambiente y la salud pública se recoge en la legislación de los diferentes gobiernos europeos. Se produce así una reforma de la política agraria basada en planteamientos preventivos que promueven la sostenibilidad y reconocen el doble papel de los agricultores como productores y protectores del medio. Dentro de los objetivos propuestos se incluye la reducción del uso de pesticidas y la conversión de los agricultores hacia métodos de control integrado de plagas. Para lograr estos objetivos, en las diferentes comunidades autónomas españolas se aplican ayudas agroambientales, mediante las cuales los agricultores reciben ayudas compensatorias a cambio de establecer determinadas prácticas agrícolas. Entre estas medidas destacan las ayudas para fomentar la producción integrada y la agricultura ecológica.

La Organización Internacional de Lucha Biológica (OILB) define la producción integrada como «el sistema de producción sostenible de alimentos de alta calidad mediante métodos respetuosos con el medio ambiente y manteniendo los ingresos de la explotación». La OILB ha desarrollado directrices técnicas relativas a la producción integrada y las diferentes comunidades autónomas españolas han iniciado el desarrollo legislativo correspondiente (ya están reguladas y definidas las técnicas y formas de producción integrada y la Administración reconoce los productos cultivados de esta manera con un distintivo de calidad que permite su diferenciación y reconocimiento). La producción integrada es un concepto amplio que engloba la utilización del control integrado de plagas, así como la realización de estrategias para conservar y aumentar la fauna au-

xiliar autóctona. En este sentido la OILB define, por ejemplo, el establecimiento de un 5% de áreas de compensación ecológica sin cultivar, que permitan la conservación de esa fauna auxiliar. El control integrado de plagas se basa en el empleo de los enemigos naturales de las plagas (parasitoides, depredadores y patógenos) y de las enfermedades para mantener su impacto por debajo del umbral económico de daño, así como otras medidas de control (mecánico, químico...). Aunque es conocido desde hace décadas, su empleo a gran escala en cultivos hortícolas y ornamentales de invernadero no se ha producido hasta los últimos 10-15 años.²⁰ Las áreas de producción hortícola se caracterizan por la presencia simultánea de diferentes cultivos de ciclo corto, que en su mayoría comparten las mismas plagas, y por una elevada carga de agentes nocivos durante todo el año. Por ello la estrategia utilizada para conseguir un control de plagas consiste en sueltas inoculativas periódicas de entomófagos y parasitoides procedentes de crías en insectarios.

Por otro lado, el concepto de producción certificada se refiere a la producción de acuerdo a una norma determinada y certificada por un organismo de normalización. En España existe la norma UNE 155001 «Hortalizas para consumo en fresco. Producción controlada».

En la actualidad, más de la mitad de la superficie de invernaderos en Almería está certificada por alguna de las normas de calidad existentes. Las hectáreas acogidas a la norma UNE 155001 han crecido rápidamente en la última década, aunque parece que se han estabilizado en torno a las 11.700 hectáreas.¹⁶ A esta superficie habría que añadir la certificada por producción ecológica, producción integrada (utiliza productos naturales y de síntesis siempre que sean respetuosos con la naturaleza) o por EurepGap, principalmente (programa privado de certificación consistente en aumentar la confianza del consumidor en la sanidad de los alimentos a través del desarrollo «buenas prácticas agrícolas» que deben adoptar los productores).

Destaca la gran expansión del control biológico que se ha dado en el sureste de España, en el Campo de Cartagena a partir de 2001 y en los dos últimos años en Almería. Se ha pasado de unas pocas hectáreas con control integrado en la campaña 2005-2006 a 1.400 hectáreas el año siguiente y a más de 11.000 hectáreas en la última campaña 2007-2008.



OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS

La agricultura bajo plástico en España se enfrenta a una serie de

Oportunidades:

- Nuevos mercados, como los que se abren con la ampliación de la Unión Europea.
- La evolución de los hábitos de consumo de vegetales hacia productos más elaborados o específicos para determinados segmentos de población: consumidores vegetarianos, productos étnicos, etc.
- La utilización de invernaderos plásticos para nuevas aplicaciones, como pueden ser la acuicultura, la producción de energía o la desalación de agua.
- La obtención de ingresos suplementarios por los bonos de captación de CO₂.

Amenazas:

- La desaparición de barreras proteccionistas del mercado a principios de la próxima década.
- La competencia de países con menores costes de mano de obra, como pueden ser Marruecos o Turquía.

Retos:

- La sostenibilidad medioambiental, que conlleva la necesidad de reducir los consumos de energía y agua y la

generación de residuos, así como de aumentar el uso de recursos renovables: energía eólica, solar, geotérmica, biomasa, etc.

- La sostenibilidad social, con la consecuente necesidad de mejorar las condiciones laborales de los trabajadores de los invernaderos.

A todos ellos se puede responder mediante **desarrollos tecnológicos**²¹ que permitan mejorar la cantidad, calidad y época de producción de las cosechas con menor uso de energía y agua no renovables, menores necesidades de agroquímicos y de mano de obra no cualificada. Estas tecnologías se pueden clasificar en tres grupos y se detallan en los siguientes apartados:

- Nuevos materiales para cubiertas, estructuras y sustratos.
- Sistemas electro-mecánicos para automatización de tareas, mejora de la climatización (calor, frío, fertilización carbónica, iluminación artificial) y fertirrigación.
- Sistemas biológicos auxiliares para polinización y lucha integrada.

3.1. MATERIALES

3.1.1. Cubierta

Las oportunidades tecnológicas en materiales plásticos para la cubierta de invernaderos pasan por el desarrollo y utilización de nuevas cubiertas que permitan una mayor productividad y un mejor control del clima del invernadero para poder obtener las cosechas en las épocas más ventajosas económicamente (precocidad, producción tardía, calidad, etc.).⁵ Así mismo, será necesario que los materiales de cubierta se adapten a los nuevos desarrollos que se están produciendo en estructuras (invernaderos con cubier-

ta móvil) o en sistemas de cultivo (producción integrada). A continuación se describen algunos de los avances que se han producido o se están produciendo en materiales de cubierta. Los detalles técnicos de cada uno de ellos se describen en el anexo 2.

Filmes con bloqueo ultravioleta (UV) (antiplagas)

Este tipo de filmes fotoselectivos protegen los cultivos de diferentes enfermedades y plagas, por lo que se conocen como filmes antiplagas, antiviral o *antibotrytis*, lo que permite una menor utilización de pesticidas químicos. Hasta ahora su uso ha estado limitado debido a la percepción por parte de los usuarios de que pueden interferir en la actividad de los polinizadores. Dado que estudios recientes han demostrado que esta interferencia no existe o es fácilmente evitable, es probable que su uso se extienda en los próximos años. Habrá que estudiar también el efecto que este tipo de cubiertas tiene sobre la actividad de la fauna auxiliar en los invernaderos que realizan lucha integrada.

Filmes con bloqueo en el infrarrojo cercano (Near Infrared Radiation, NIR) (antitérmicos)

Son también filmes fotoselectivos que bloquean, en este caso, la radiación infrarroja cercana al visible del espectro solar, evitando el sobrecalentamiento diurno del invernadero y permitiendo cultivos en zonas tropicales o desérticas o en épocas calurosas en otras zonas, donde eran antieconómicos con otras tecnologías. Este tipo de cubiertas será sin duda un buen complemento a otras técnicas de refrigeración, como el encalado, la nebulización, etc. Será necesario desarrollar cubiertas específicas para diferentes climas y cultivos, ya que tanto el bloqueo NIR como la reducción en la transmisión PAR (*Photosynthetically*

Active Radiation, 400-700 nanómetros) que a veces lleva asociada, deben ser ajustadas a las condiciones climáticas locales.

Filmes fluorescentes

Modifican la calidad de la luz solar, en cuanto a su distribución espectral, en la parte ultravioleta y visible del espectro, absorbiendo longitudes de onda poco útiles para la planta (ultravioleta y verde) y emitiéndola en otras más aprovechables para la fotosíntesis (azul y roja), con lo que se conseguirían aumentos de producción y mejora de la calidad de la cosecha. Hasta ahora se ha observado que los efectos de este tipo de cubiertas no son universales sobre todos los cultivos, sino que tanto la producción como la morfología de los cultivos (longitud de tallo, número de flores, etc.) dependen del cultivo, incluso de la variedad cultivada. Por tanto, será necesario más esfuerzo de desarrollo y adaptación de las características de emisión de estas cubiertas a cultivos y zonas específicos.

Filmes ultratérmicos

Presentan una opacidad excepcional a la parte infrarroja del espectro de emisión de la tierra, manteniendo la temperatura del invernadero durante la noche y permitiendo ahorros importantes (10-30%) en el uso de la calefacción. Permiten, por tanto, cultivos en zonas frías, donde con otros materiales de cubierta no serían rentables; es previsible que su uso se vaya incrementando a medida que sus características vayan siendo conocidas por los agricultores y que se extienda el uso de la calefacción en los invernaderos españoles.

En general, los materiales para cubierta de invernadero, tanto filmes como placas rígidas y mallas, están sujetos a la de-

gradación de sus propiedades debido a los factores ambientales (luz, calor, pesticidas, etc.), por lo que es necesario evaluar y, en lo posible, adelantar, sus propiedades en función del tiempo. Esto se realiza por medio de ensayos de envejecimiento natural y acelerado. Los métodos tradicionales de envejecimiento acelerado poseen factores de aceleración reducidos y limitaciones importantes a la hora de reproducir las condiciones reales de campo. El desarrollo de nuevos sistemas experimentales, que permitan acortar estos los tiempos de ensayo, es una necesidad en la industria del sector.

3.1.2. Estructura

Como ya se ha comentado en el capítulo anterior (estado de la tecnología), en las estructuras de los invernaderos que se construyen en la actualidad se combinan madera y alambre, en las estructuras más antiguas, y elementos metálicos en las más modernas. Estos materiales satisfacen los requisitos básicos de la aplicación, con costes razonables, por lo que no es previsible que sean desplazados por otros nuevos materiales a corto plazo.

Donde sí puede haber novedades es en los tipos de estructuras utilizadas.¹ Así, la necesidad de mejorar el control climático de los invernaderos llevará probablemente a un mayor uso de estructuras con buena ventilación y que permitan el uso alternativo de varios tipos de cubiertas o de materiales de sombreado —cubiertas móviles, sistemas de apertura total de la cubierta, etc.— y, al mismo tiempo, que mejoren la hermeticidad y el aislamiento térmico en las épocas en las que sea necesaria la climatización artificial o la fertilización carbónica (técnica consistente en enriquecer con CO₂ para favorecer la fotosíntesis).

La tendencia va por utilizar estructuras con una mejor ventilación, lo que se logra con el aumento de la altura, el incremento del número y la sección de las ventanas, y por la optimización de su colocación y sistema de apertura, así

como el uso de elementos deflectores de las corrientes de aire que permitan optimizar las condiciones ambientales a la altura de las plantas. Una herramienta que permite optimizar estos recursos y mejorar el diseño de estructuras es la dinámica computacional de fluidos (*Computational Fluid Dynamics*, CFD), que cada vez más grupos de investigación y empresas fabricantes de estructuras están utilizando para esta aplicación.

También se detecta una tendencia, aún incipiente, a incrementar el porcentaje de superficie cultivada dentro del invernadero, ya sea reduciendo pasillos (cultivos en alto), cultivando de forma apilada cuando el cultivo lo permite, aprovechando la superficie/volumen que queda debajo del cultivo principal para realizar otro cultivo (acuicultura), mediante aeroponía (cultivos en aire) o presoponía (plantas sin raíces).

3.1.3. Sustratos

Los cultivos en sustrato tienen varias ventajas sobre el cultivo en suelo: reducen la incidencia de enfermedades, facilitan la recogida y recirculación del agua lixiviada y ofrecen un buen rendimiento económico (mayor producción y precocidad). Por el contrario, presentan algunos inconvenientes: mayor coste de instalación, requerimiento de un nivel tecnológico más alto y escasa inercia del sistema. Otra desventaja que hay que destacar son los residuos de estos sustratos, cuyo reciclado depende del tipo de sustrato, pero que en general es difícil.

Los materiales utilizados como sustratos deben tener una serie de características:

- Propiedades físicas, como alta porosidad, retención y disponibilidad de agua y aireación.
- Propiedades químicas: deben estar libres de sustancias tóxicas, como metales pesados, y deben ser químicamente inertes, algo que no cumplen los materiales orgánicos.

- Propiedades biológicas: deben ser de baja biodegradabilidad, algo que cumplen los materiales inorgánicos y los orgánicos con una relación carbono/nitrógeno entre 20 y 40.

La tendencia a incrementar el cultivo sobre sustrato se mantendrá en los próximos años y los materiales fácilmente reciclables irán desplazando a aquellos que no lo son, como la perlita (mineral de origen volcánico formado principalmente por silicatos) o la lana de roca (lana mineral fabricada a partir de rocas basálticas).¹ Se están probando diferentes alternativas, que van desde materiales de origen natural como cáscara de arroz, fibra de coco, orujo de uva o *Poseidonia oceanica*, hasta sintéticos como espumas de poliuretano, aunque ninguna de ellas se ha implantado de forma extensiva hasta el momento.

El cultivo hidropónico puro, sin sustrato, también puede ser una alternativa, aunque exige un sistema de control más sofisticado.

3.2. SISTEMAS ELECTRO-MECÁNICOS

3.2.1. Mecanización

Hay dos lecciones que se pueden trasladar de los procesos de producción industrial a los procesos de producción en invernadero a fin de mejorar la eficiencia y la velocidad de producción, la calidad de los productos y las condiciones de trabajo:^{1,22}

- Los trabajadores se han dotado de herramientas mecánicas para su trabajo o la mano de obra ha sido sustituida por máquinas.
- El producto (coche, televisión o planta) se mueve a través de una cinta transportadora hasta el puesto de trabajo, donde el trabajador tiene una o un número redu-

cido de tareas que ejecutar, en un ambiente limpio y bien organizado.

Existen dos niveles de mecanización que se pueden aplicar a las tareas de un invernadero, que se suelen denominar automatización industrial y robótica o mecanización de alta tecnología, aunque, en la práctica, la frontera entre ellos suele ser difusa.

La primera se caracteriza porque:

- Reemplaza a las actividades humanas en tareas simples.
- No tiene mucha flexibilidad en cuanto a las tareas que debe realizar, productos manejables o ambiente en el que se desenvuelve.
- Utiliza pocos sensores.
- No presenta comportamiento «inteligente» (adaptable a distintas situaciones o contingencias).
- Es normalmente un sistema puramente mecánico.

En los invernaderos se pueden encontrar máquinas basadas en soluciones mecánicas capaces de realizar la misma tarea una y otra vez; máquinas para la siembra, el trasplante, el injerto, la aplicación de pesticidas, clasificación y envasado.

La segunda se caracteriza porque:

- Es capaz de realizar más de una tarea y su sistema es reprogramable.
- Es flexible respecto a los productos a manejar o el ambiente en el que se trabaja.
- Usa muchos sensores tecnológicamente más avanzados (tratamiento de imágenes, espectrofotómetros, etc.).
- Presenta comportamiento «inteligente» (adaptable a distintas situaciones o contingencias).
- Está basado en una combinación de mecánica y electrónica.

La robotización o automatización de alta tecnología es prácticamente inexistente en los invernaderos españoles y empieza a aparecer en países más avanzados, como Holanda.

El concepto de mover la planta hasta el trabajador, y no al contrario, se utiliza en Holanda desde hace algunos años para plantas cultivadas en maceta y presenta una serie de ventajas:

- Reduce el coste de la mano de obra.
- Optimiza el aprovechamiento del espacio del invernadero.
- Aumenta la eficiencia en el procesado de la cosecha y reduce las emisiones.
- Mejora las condiciones de trabajo (temperatura, humedad, luz), ya que se pueden adaptar a las óptimas para el trabajador.
- Facilita la monitorización y la trazabilidad durante la producción para asegurar la calidad y la seguridad de los productos.
- Facilita la automatización de tareas.

Algunos ejemplos de tareas automatizables son los siguientes:

- Siembra.
- Injerto.
- Trasplante.
- Sistemas de cultivo móviles.
- Aplicación de pesticidas.
- Entutorado (colocación de un sostén a las hortalizas de tallos, trepadores o rastreros, para impedir su contacto con el suelo, favorecer la aireación e iluminación de la planta y las labores de riego, escarda, recolección, etc.).
- Cosechado de plantas de hoja.
- Cosechado de plantas de fruto.
- Cosechado de flores.

- Deshojado.
- Clasificación de hortalizas.
- Clasificación de flores.
- Envasado.

Especialmente las primeras fases del ciclo de cultivo (producción de plántones y trasplante) y las últimas (clasificación y envasado, y en menor medida la cosecha) se pueden mecanizar. Por el contrario, las fases intermedias, de mantenimiento del cultivo, son más difícilmente mecanizables. Normalmente las tareas más sencillas se mecanizan siguiendo los principios de la automatización industrial. Las fases que no son mecanizables requieren alguna habilidad humana especial o, en otras palabras, son difíciles para las personas. Son tareas que exigen el procesamiento de mucha información sobre el tamaño, forma, color y posición y una coordinación «ojo-mano» rápida y precisa. La mayor parte de las tareas de mantenimiento, así como algunas etapas de la clasificación y envasado, pertenecen a esta categoría.

En el futuro próximo, cabe esperar que la maquinaria existente se mejore para desarrollar su trabajo con mayor velocidad y eficacia. Estos avances se basarán principalmente en los que se produzcan en la automatización industrial. Por otro lado, cabe esperar que una nueva generación de máquinas vaya reemplazando a las personas en tareas cada vez más complejas. La existencia, en fase comercial o de desarrollo, de robots para el injerto, el cosechado de rosas o fresas y el deshojado del tomate anuncian cambios en ese sentido. Sin embargo, este tipo de innovaciones suele demorarse entre cinco y diez años, desde que surge la idea inicial hasta que llega al mercado. Por tanto, no es de esperar un cambio revolucionario en los próximos años, salvo que se den circunstancias no previstas, como una escasez de mano de obra.

3.2.2. Climatización

Calefacción

La utilización de sistemas de climatización activa es aún escasa en España. Sin embargo, estos sistemas permiten manejar el cultivo de forma que se pueda optimizar el rendimiento económico, tanto en cuanto a la obtención de cosechas en épocas de mayor valor como a la mejora de la calidad.¹ En ocasiones, no disponer de calefacción puede suponer la pérdida completa de un cultivo en caso de helada.

Los métodos utilizados actualmente para calentar invernaderos suelen estar basados en una fuente energética activa de origen fósil, gasoil o gases licuados del petróleo (propano).

La calefacción puede ser aportada calentando el aire del invernadero o a través de tuberías de agua caliente instaladas a nivel del cultivo.

En la calefacción se emplea aire caliente para elevar la temperatura de los invernaderos. La calefacción por aire caliente consiste en hacer pasar aire a través de focos caloríficos y luego impulsarlo dentro de la atmósfera del invernadero. Existen dos sistemas:

- Generadores de combustión directa. Calientan la corriente de aire que se introduce en el invernadero vertiendo en ella los productos de combustión. La mayoría de los modelos utilizados en invernaderos toma del interior el aire para la combustión, aunque otros modelos permiten una entrada de aire exterior para reducir la concentración de CO y CO₂. El rendimiento de estos equipos es total (100%), ya que todo el calor se introduce en el invernadero. Por el contrario, sólo pueden utilizarse con propano o gas natural y no con gasóleo, debido a los compuestos azufrados que origina este último.

- Generadores con intercambiador de calor o indirectos. La corriente de aire que se introduce en el invernadero no pasa a través de la cámara de combustión, sino que se calienta en un intercambiador de calor. Los productos de combustión se evacúan al exterior por una chimenea, lo que da lugar a pérdida de energía.

Los generadores de aire caliente pueden instalarse dentro o fuera del invernadero, en cuyo caso hay que conducir el aire caliente. Dentro del invernadero se pueden instalar conductos de chapa o plástico perforados para distribuir el aire homogéneamente, o colocar varios generadores de menor potencia. También se pueden colocar pequeños ventiladores (recirculadores) dentro del invernadero para homogeneizar la temperatura.

Normalmente el combustible empleado es gasoil o propano, y los equipos están dotados de un sistema eléctrico de encendido con accionamiento a través de un termostato.

Los sistemas de calefacción por aire caliente tienen las ventajas de su menor inversión económica, mayor versatilidad, rápida respuesta y capacidad de disminuir la humedad ambiental, facilitando el control de enfermedades. Como inconvenientes pueden citarse los siguientes:

- Proporcionan una deficiente distribución del calor, creando a veces turbulencias internas que ocasionan pérdidas caloríficas (menor inercia térmica y uniformidad).
- Su coste de funcionamiento es elevado y, si se averían, la temperatura desciende rápidamente.
- Su inercia térmica es limitada.

Los sistemas de distribución de calor por agua caliente se basan en tuberías que pueden estar instaladas a nivel del cultivo, enterradas o en las banquetas (soportes sobre los que se asientan los sustratos). Las características del sistema de agua caliente que más destacan, son:

- Al estar el calor aplicado en la base, la temperatura del aire del invernadero es mucho más uniforme en comparación con la calefacción tradicional por tubo caliente colgado del techo.
- Son más eficientes que los sistemas de aire. El consumo de energía es, en general, inferior.
- Los costes de instalación son elevados.

Los sistemas de baja temperatura (30 y 40 °C) tienen las siguientes características particulares:

- Son susceptibles de aprovechar el calor residual industrial de cogeneración u otro proceso industrial y energía solar a baja temperatura.
- Se pueden usar materiales económicos como el polietileno en lugar de tuberías más caras de acero o aluminio. En general los sistemas de calefacción de suelo representan un ahorro de energía.

Para producir el agua caliente se emplean habitualmente calderas de gasóleo, propano y, a veces, gas natural, aunque la tendencia es ir sustituyendo los combustibles fósiles por energías renovables.

En los invernaderos con mayor grado de tecnificación, tanto las calderas como los generadores de aire caliente pueden ser reemplazados por bombas de calor accionadas con propano o gas natural, más eficientes y capaces, además, de proporcionar refrigeración, si bien sus costes de instalación son notablemente superiores.

Pantallas térmicas

Se puede definir una pantalla como un elemento que, extendido a modo de cubierta sobre los cultivos, tiene como principal función proporcionar sombra y/o retener el calor.¹ El uso de pantallas térmicas consigue incrementos pro-

ductivos de hasta un 30%, gracias a la capacidad de mantener durante la noche el calor recogido durante el día. Las pantallas también son útiles como doble cubierta que impide el goteo directo de la condensación de agua sobre las plantas en épocas de excesiva humedad. Así las pantallas térmicas se pueden emplear para distintos fines:

- Protección exterior contra:
 - el exceso de radiación directa sobre las plantas;
 - el exceso de temperatura;
 - secundariamente, contra viento, granizo, pájaros, etcétera.
- Protección interior:
 - protección térmica, ahorro energético;
 - secundariamente, humedad ambiental y condensación.

Existen distintos tipos de pantallas, si bien la mayoría presenta una base tejida con hilos sintéticos y láminas de aluminio. También existen pantallas en las que se tejen directamente las láminas del material reflectante entre sí o con otro tipo de lámina plástica (poliéster, polipropileno, etc.). La composición, disposición y grosor de los elementos es variable, ofreciendo distintas características de transmisión de luz visible y retención del calor, que permiten adecuar el clima dentro del invernadero a un cultivo y zona climática concreta.

Asimismo, en lo referente al paso del aire, las pantallas pueden ser abiertas o ventiladas y cerradas o no ventiladas. Las abiertas presentan la ventaja de ser muy útiles en verano al permitir la evacuación del exceso de temperatura y ofrecer propiedades térmicas, reflejando gran parte de la radiación infrarroja durante la noche. Las pantallas cerradas limitan las pérdidas por convección del calor en el aire y reducen el volumen de aire que hay que calentar, con lo que el ahorro de cara a la calefacción es mayor.

Refrigeración

El gran problema de los invernaderos en la zona mediterránea aparece en los períodos cálidos, principalmente en verano.¹ El efecto invernadero produce un recalentamiento del clima interior, pudiendo alcanzar temperaturas superiores a 50 °C, lo que es muy perjudicial tanto para el cultivo como para el personal encargado de su cuidado. En una gran cantidad de lugares es muy habitual no producir en los invernaderos durante los meses de julio y agosto debido precisamente a esta problemática.

Los métodos utilizados actualmente para refrigerar invernaderos son los siguientes:

- Ventilación, que es la técnica de refrigeración más usada en la práctica. Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, la humedad y el contenido en CO₂ que hay en el interior del invernadero. La ventilación puede hacerse de una forma natural o forzada. Los niveles térmicos que se alcanzan son insuficientes.
- Sistemas de sombreado, también muy utilizados. Existen dos tipos: estáticos y dinámicos. En general no son muy eficaces, pues consiguen disminuir la temperatura pocos grados, dejándola a niveles todavía excesivos, aunque son muy baratos.
- Refrigeración por evaporación de agua. Consiste en distribuir en el aire un gran número de microgotas de agua líquida de tamaño próximo a 10 micrómetros. Es preciso emplear un sistema de nebulización formado por un conjunto de boquillas nebulizadoras conectadas a tuberías que cuelgan de la techumbre del invernadero. La instalación se completa con bombas, motores, inyectores, filtros y equipos de control (termostatos, reguladores de humedad, etc.), que permiten la automatización del sistema. Es un sistema caro, aunque cada vez menos, que consigue bajar la temperatura unos 10 a 15 °C.

- Pantalla evaporadora (*Hidrocooling* o *Cooling System*). Se trata de una pantalla de material poroso que se satura de agua por medio de un equipo de riego. El aire pasa a través de la pantalla porosa, absorbe humedad y baja su temperatura refrigerando el invernadero al pasar por él. Posteriormente es expulsado por unos ventiladores. Con el *cooling system* la temperatura en el interior del invernadero puede reducirse hasta en 10 °C, aunque lo normal es que ese descenso sea de 4-6 °C. Si la humedad ambiental del exterior es elevada, este sistema no funciona convenientemente.
- Los sistemas de refrigeración activa basados en bombas de calor (aire acondicionado) hasta ahora han sido inviables, debido a que la potencia eléctrica que demandan no puede ser suministrada con la infraestructura eléctrica de que disponen los invernaderos, en caso de que dispongan de ella. En la actualidad se encuentran en el mercado equipos de aire acondicionado a gas (propano o gas natural) con un consumo mínimo de electricidad, que sí pueden ser instalados en invernaderos, si bien sus costes tanto de instalación como de operación son elevados. Una ventaja adicional de estos equipos es que proporcionan también calefacción con una eficiencia superior a la de equipos tradicionales como calderas y generadores de aire. La refrigeración con bombas de calor puede aplicarse enfriando el aire del invernadero a través de un sistema de tuberías de agua fría. Si el invernadero cuenta con un sistema de tuberías para calefacción por agua caliente, en la mayoría de los casos podrá utilizarse para refrigeración haciendo circular agua entre 7 y 15 °C.

Existen varias posibilidades para refrigerar los invernaderos, aunque ninguna consigue por sí misma el objetivo completo y se requieren combinaciones de varias de las posibilidades comentadas anteriormente que exigen inversiones y mantenimientos muy altos. Aun así, en períodos

cálidos en zonas muy soleadas, como el sur de la península, los niveles de temperatura siguen siendo elevados y castigan a los cultivos, con resultados negativos tanto en la cantidad, por no producir todo lo que deberían, como en la calidad. Esto sucede en períodos cálidos pero no extremos, en los cuales se abandona la producción.

Existen hoy líneas de investigación que buscan soluciones basadas en la energía solar para satisfacer las necesidades de calefacción y refrigeración de los invernaderos.

Fertilización carbónica

Se denomina fertilización carbónica el aporte complementario de dióxido de carbono en los cultivos.²³

- Si el CO₂ se aplica en el ambiente que rodea la planta, se trata de fertilización carbónica atmosférica.
- Si el CO₂ se inyecta en el sistema de riego, se trata de fertilización carbónica en riego, aunque este sistema ha generado controversia.

Estos métodos pueden emplearse por separado o combinados, según las características del cultivo: variedad de planta, técnica de cultivo, en invernadero cerrado, campo abierto, etc. Los beneficios de la fertilización carbónica son los siguientes:

- Incrementa la producción y el rendimiento de las cosechas, alrededor de un 25 a un 30%.
- Permite adelantar la época de recolección (precocidad de los cultivos), aproximadamente un 20%.
- Mejora la calidad de frutos y flores (densidad por planta, coloración, tamaño, etc.).
- Acidifica el suelo, optimizando la asimilación de nutrientes y la actividad metabólica.
- Permite siembras tardías sin retraso de las cosechas.

- Aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, reduciendo gastos en agroquímicos (mejora medioambiental).
- Evita incrustaciones en los goteros, reduciendo costes de mantenimiento.
- Mejora la rentabilidad y el valor añadido de los productos con una inversión mínima
- Es una forma de capturar CO₂, lo que contribuye al esfuerzo de los principales países industrializados por reducir las emisiones que provocan el cambio climático en el planeta (Protocolo de Kyoto).

En los invernaderos sin aporte artificial de anhídrido carbónico, la concentración de este gas es muy variable a lo largo del día: alcanza el máximo de su concentración al final de la noche y el mínimo a las horas de máxima luz, que coinciden con el mediodía. Los niveles aconsejados de CO₂ dependen de la especie o variedad cultivada, de la radiación solar, de la ventilación, de la temperatura y de la humedad. Respecto a la luminosidad y humedad, cada especie vegetal tiene un óptimo distinto.

La fertilización con CO₂ es todavía una tecnología incipiente, por lo que es preciso realizar una exhaustiva investigación en este sentido, ya que se prevé un gran potencial en los próximos años.

Iluminación artificial

En ciertas ocasiones es beneficioso aplicar iluminación artificial o simplemente regular la iluminación natural en el interior del invernadero²⁴ con las siguientes finalidades:

- Forzar una mayor eficiencia en la fotosíntesis, durante los meses invernales. La iluminación otoño-invernal suplementaria ayuda a incrementar los rendimientos productivos en la mayor parte de las especies hortícolas y en numerosas ornamentales.

- Aumentar la duración del día, en plantas de día largo que no florecerían de otra manera, durante el otoño-invierno.
- Romper la continuidad de las horas oscuras en plantas ornamentales en aquellos períodos de día corto, con la finalidad de ayudar al crecimiento vegetativo en una época en que se vería favorecida la floración sin que las plantas tuvieran el adecuado tamaño, o bien para provocar la floración en plantas de día largo en épocas de poca iluminación.
- Disminuir la intensidad luminosa en siembras estivales de hortalizas.
- Disminuir la duración del período iluminado, con el fin de que plantas de día corto puedan florecer en épocas en que la duración de las horas de luz es demasiado elevada.

Sin embargo, no todas las fuentes de luz artificial presentan la misma eficiencia en cuanto a calidad de la luz emitida. Esto se debe a que la luz (nombre coloquial con el que se define la zona del espectro electromagnético perceptible por el ojo humano) se clasifica según su longitud de onda. Ciertas longitudes de onda son las que mejor aprovechan las plantas para realizar sus funciones vitales, principalmente las correspondientes al azul y al rojo, mientras que otras apenas tienen efectos. Por lo tanto, si se utiliza iluminación artificial, tiene que suministrarse con lámparas que proporcionen las longitudes de onda adecuadas. Además de la luz visible, también tienen cierta influencia sobre el desarrollo de las plantas la radiación infrarroja próxima y la ultravioleta. Los principales sistemas de iluminación artificial son los siguientes:

- Lámparas incandescentes: son las bombillas tradicionales. Producen luz visible e infrarroja. Desprenden mucho calor y consumen gran cantidad de electricidad, por lo que su rendimiento luminoso es muy bajo. Además pue-

den quemar las plantas si se sitúan demasiado cerca. Es el sistema más barato, pero poco recomendable. Se emplean en la práctica para interrumpir el fotoperíodo.

- Lámparas de vapor de mercurio (MV): producen luz (blanca, azul y verde). Se utilizan durante el período de crecimiento de las plantas por su alta emisión en la zona azul del espectro, pero son pobres en la zona roja, por lo que no se favorecerá la floración. Son muy eficientes en el consumo de electricidad.
- Lámparas mixtas (incandescentes y de vapor de mercurio): de esta manera se consiguen las radiaciones rojas necesarias para la estimulación de la floración de las plantas de interior. El problema es que su uso tiene un coste elevado.
- Fluorescentes: producen luz (principalmente azul y roja, aunque depende mucho del tipo). Se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas. Son bastante económicas, tienen un elevado rendimiento luminoso y no emiten demasiado calor. El principal problema es que ocupan mucho espacio.
- Lámparas de halogenuros metálicos (MH): producen una luz blanca, ligeramente azulada, muy apropiada para la germinación, el enraizamiento de esquejes y el crecimiento vegetativo. Son más baratas que las lámparas de mercurio, pero tienen menor rendimiento.
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión (HPS): producen luz (amarilla y anaranjada). Sin duda son las mejores, puesto que emiten más luz y menos calor. Proporcionan todo el espectro de luz necesario para el crecimiento y la floración de las plantas de interior. Son muy eficientes en el consumo de electricidad y su precio es razonable.
- El desarrollo de los LED (*Light-Emitting Diodes*), que presentan una mayor eficiencia de emisión de luz por energía consumida que las fuentes convencionales, con espectros de emisión monocromáticos y cuyo precio está bajando considerablemente, puede suponer un salto tecnológico en los próximos años.

Hasta ahora el uso de la iluminación artificial sólo ha demostrado su rentabilidad para cultivos ornamentales de alto valor añadido en condiciones donde la luz natural no es suficiente, ya que con el actual coste energético el consumo eléctrico no compensa el acortamiento de los ciclos de cultivo observados. No es previsible que se extienda a los cultivos hortícolas a corto plazo.

3.2.3. Fertirrigación

Con la fertirrigación se pretende optimizar el uso del agua y los fertilizantes, en parte para reducir costes de cultivo, pero sobre todo para evitar la contaminación de suelos y aguas por fertilizantes, así como para minimizar el problema acuciante que para la agricultura intensiva del sur y levante peninsular supone la escasez de agua. Son dos de las tendencias actuales que están adquiriendo más relevancia:

- La fabricación de abonos líquidos para fertirrigación: formulaciones específicas para un cultivo y estado fenológico o incluso para un agricultor en particular, de gran riqueza y a elevada concentración. Facilita el trabajo al agricultor, ya que puede disponer de las soluciones fertilizantes preparadas de fábrica, con lo que no tiene que preocuparse de llenar tanques, hacer cálculos, almacenar importantes cantidades de fertilizantes solubles, etc.
- La recirculación de drenajes en cultivo sin suelo: técnica que permite la recuperación de los drenajes producidos por la vegetación, para su reutilización sobre el propio cultivo. Supone un gran ahorro de agua y de fertilizantes (aproximadamente entre el 40 y 50% de elementos fertilizantes), y se evita que éstos vayan a parar a acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación de los mismos, ya que, si se recircula el agua drenada, es un momento muy crítico y delicado proceder a su tratamiento para evitar la difusión de enfermedades.

3.3. SISTEMAS BIOLÓGICOS AUXILIARES

3.3.1. Polinizadores

El valor potencial de los abejorros como insectos polinizadores en la agricultura ha sido reconocido desde hace mucho tiempo por diversos autores,¹⁹ quienes también han resaltado que la explotación de este potencial debería basarse no sólo en la propagación de poblaciones naturales (por ejemplo, a través de la mejora del hábitat o mediante la introducción de cajas artificiales de cría), sino también en su domesticación.

Los intentos de domesticación tienen una larga historia, pero no fue hasta la década de los años setenta cuando se convirtió en un hecho. Sin embargo, una vez conseguido, no fue hasta 1985 cuando se encontró el valor del abejorro (*B. terrestris*) para la polinización de invernaderos de tomates en Bélgica. Hasta ese momento, las flores de tomate en invernaderos belgas y holandeses se polinizaban mecánicamente, haciendo vibrar las plantas tres veces por semana (con un coste económico de 10.000 euros por hectárea al año), y en otros países se utilizaba este mismo mecanismo u hormonas, en una frecuencia comparable.

Desde el inicio de la cría comercial, en 1987, se produce un millón de colmenas anuales de cinco especies de abejorros; las más importantes son *Bombus terrestris*, procedente de Eurasia, y *Bombus impatiens*, procedente de América del Norte, seguidas de *B. lucorum* (Eurasia), *B. ignitus* (Asia oriental), *B. occidentalis* (zona occidental de América del Norte) y la subespecie *B. t. canariensis*, autóctona de las Islas Canarias.

El uso de abejorros como polinizadores se ha extendido a todo tipo de cultivos hortícolas y frutales con características florales atractivas para estos insectos. Las abejas también pueden polinizar casi los mismos cultivos, pero a menudo son menos eficientes que los abejorros. Aun así, dicha elección depende, en ocasiones, de los costes locales y de las

condiciones climáticas. Tanto en invernadero como en campo abierto, las colmenas de abejorros pueden manejarse con más facilidad que las colmenas de abejas y, además, son preferibles cuando la temperatura y/o la intensidad luminosa son bajas. Normalmente las abejas no forrajea cuando la temperatura del aire es menor de 16 °C, mientras que los abejorros continúan activos a temperaturas por debajo de 10 °C. Los abejorros dejan de forrajear cuando la temperatura supera los 32 °C (para el caso de *B. terrestris*), porque, aunque pueden volar rápidamente a temperaturas de 35 °C, se quedan en el nido para ventilar a la cría y evitar que muera por exceso de calor. Por otra parte, una lengua más larga y un cuerpo más grande, a diferencia de la abeja melífera, permiten que el abejorro sea mejor polinizador de flores con corolas profundas, ya que, con sólo una única visita a la flor, deja el suficiente polen para realizar una polinización exitosa. Además, su capacidad de hacer vibrar los estambres de las flores, algo imposible para las abejas melíferas, le permite ser un buen polinizador para las flores con morfología similar a la del tomate.

Hasta el momento, el uso de abejorros en los cultivos hortofrutícolas españoles está extendido a las superficies invernadas del levante andaluz, Murcia y Granada, principalmente. Sin embargo, aunque cultivos como el tomate, pimiento y berenjena, de alto valor económico, ya son polinizados por estos insectos, existen otros —es el caso de la fresa y el calabacín—, que son un claro reto para los próximos años.

3.3.2. Producción integrada

El control integrado de plagas, con el control biológico como principal componente, es especialmente necesario en las hortalizas bajo plástico, ya que se trata de productos de consumo en fresco, por lo que los residuos pueden llegar más directamente al consumidor. Además la horticultura mediterránea es un sistema de producción muy in-

tensivo, con un elevado consumo de fitosanitarios, y las zonas hortícolas muchas veces se encuentran concentradas en zonas periurbanas.

Por otro lado, la resistencia de las principales plagas a las materias activas ha conducido a un uso descontrolado de los productos fitosanitarios y al aumento de residuos en ellos, con la consiguiente pérdida de confianza de los clientes en otros países europeos y también de los nacionales. Por ello el mercado se ha vuelto muy estricto con respecto a los residuos, exigiendo incluso en ocasiones límites más bajos que los que marca la legislación. El establecimiento del control biológico a gran escala en Almería ha recuperado esa confianza y ya no hay vuelta atrás hacia métodos químicos convencionales.

Este cambio de tendencia ha permitido la emergencia de empresas locales con producción de abejorros y enemigos naturales, lo cual técnicamente dará un gran impulso al desarrollo de los sistemas de control biológico en general e incentivará la investigación y desarrollo de fauna auxiliar autóctona. Se espera, por ejemplo, que en los próximos años en los invernaderos de la provincia de Almería se realicen más sueltas de enemigos naturales que en los cultivos hortícolas de todo el resto de Europa.

Una de las tareas pendientes es continuar desarrollando especies autóctonas que estén mejor adaptadas a las condiciones locales. Al inicio, la mayoría de especies seleccionadas para el control biológico en cultivos protegidos estaban adaptadas a las condiciones de países centroeuropeos. Sin embargo, a partir del año 2001 se desarrolló la cría comercial de especies autóctonas, mejor adaptadas a las condiciones locales. Algunos de los ejemplos más relevantes son el parasitoide *Eretmocerus mundus* y el depredador *Nesidiocoris tenuis*. Ambas especies han contribuido significativamente al éxito del control biológico y se están utilizando en los cultivos protegidos del sureste español e Islas Canarias. Otro organismo clave ha sido el fitoseido *Amblyseius swirskii*, que, aunque procede de

Oriente Próximo, se adapta muy bien a las condiciones de nuestra zona. Este depredador de mosca blanca y *trips*, entre otras plagas, se utiliza en todos los cultivos hortícolas, excepto en tomate, y en varios cultivos ornamentales. En general, el control biológico está funcionando con éxito, pero todavía queda mucho trabajo por realizar. Es en pimiento donde mejor manejo se hace de los enemigos naturales, siendo los lepidópteros el mayor problema. En tomate el control de araña roja y vasates es el mayor problema, aunque se espera, para las campañas siguientes, un aumento en el uso de auxiliares. En el cultivo de berenjena el control biológico está en aumento, existiendo variaciones en el control de *trips* y mosca blanca. En pepino se ha registrado un buen control de mosca blanca y *trips* mediante sueltas de *Amblyseius swirskii*. En calabacín los resultados también son satisfactorios, permitiendo el uso de polinizadores, que hasta ahora había sido dificultado por el uso de hormonas fitorreguladoras para la polinización. En cultivos de ciclo corto, como el melón y la sandía, el mayor problema es el pulgón que se controla bien con fauna auxiliar. Otras incertidumbres que habrá que aclarar son, por ejemplo, la posible aparición de nuevas plagas secundarias asociadas a la reducción de tratamientos fitosanitarios. Además, todavía quedan algunas plagas para las que no se dispone de soluciones biológicas. Por ejemplo, los noctuidos y plagas exóticas recientes como *Tuta absoluta*. Recientemente, se ha desarrollado un nuevo depredador autóctono, *Nabis pseudoferus ibericus*, que ha dado excelentes resultados como agente de control de estas plagas.

4

NUEVAS APLICACIONES DEL INVERNADERO

En los capítulos anteriores se ha descrito la situación y perspectivas del invernadero de plástico para los cultivos considerados tradicionales, como pueden ser los horticolas y flores. Sin embargo, de cara al futuro, habrá que tener en cuenta otras actividades que se pueden desarrollar en estructuras similares a los invernaderos, como la acuicultura, la captación de energía solar, la desalación de agua, la biominería y otras, quizás menos importantes en volumen, como secaderos de pieles, cría de cocodrilos, caracoles etc., en las que se podría aplicar la tecnología desarrollada para los invernaderos de plástico para cultivos vegetales.

4.1 ACUICULTURA: CULTIVO DE PECES Y CRUSTÁCEOS

La acuicultura es la técnica del cultivo de especies acuáticas vegetales y animales. La referida a estas últimas comenzó a desarrollarse en los años setenta como alternativa a la pesca, ante el agotamiento de las reservas pesqueras por la sobreexplotación de los océanos y mares. Un caso destacado de acuicultura en piscinas o estanques es la cría de camarón (langostino). Hoy en día estas piscinas, conocidas como camaroneras, se han instalado en

cincuenta países de Asia e Iberoamérica, entre los que cabe destacar Tailandia, China, Vietnam, Indonesia, India, Brasil, México y Ecuador. El principal importador es Estados Unidos de América, seguido por la Unión Europea (sobre todo España y, después, Francia, Gran Bretaña, Italia, Holanda y Alemania) y Japón. Más de la mitad del langostino tropical consumido en estos países procede de las piscinas de cría de camarones y no del mar.

Ecuador lidera la producción de camarón en Iberoamérica y hasta 1999 fue el segundo exportador mundial, después de Tailandia. En 1995 se habían construido casi 200.000 hectáreas de piscinas camaroneras, incluyendo las cubiertas con plástico y las que están al aire libre. En 1998 la industria registró los mayores índices de producción de su historia, llegando a exportar camarones por un valor de 875 millones de dólares. El camarón se convirtió en el tercer producto más exportado después del petróleo y el plátano. De las veinte empresas más grandes de Ecuador, diez eran camaroneras. Sus exportaciones iban dirigidas sobre todo a EEUU (60%) y a la Unión Europea (27%). La aparición de enfermedades víricas esquilmaron las producciones camaroneras en Ecuador durante los últimos años y estuvieron a punto de acabar con esta industria, que está empezando a recuperarse del colapso que sufrió por la introducción en el país del virus de la Mancha Blanca en 1999, que asoló la producción del año 2000 por la importación de larvas infectadas de otros países. Los ingresos por este negocio disminuyeron hasta un 70%.

El modelo productivo de la industria camaronera ecuatoriana está basado en el monocultivo extensivo de baja tecnología del langostino blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei* o *Litopenaeus vannamei*). La Mancha Blanca es un virus que ataca al camarón en su edad más joven. Un cultivo infectado tiene una mortalidad muy alta (80-90%) y hasta ahora no se conocen métodos químicos o farmacéuticos eficaces para luchar contra él. El mejor resultado y el más económico se ha obtenido con el incremento de la

temperatura del agua de unos 22 °C a unos 29-32 °C mediante la cubierta de las piscinas de cultivo con filmes plásticos a modo de invernadero. Las estructuras son similares a las de los invernaderos para cultivos de flores, frecuentes en Ecuador, con estructura de madera, con capillas a dos aguas, si bien su altura es bastante menor (ver figura 5). Algunos estudios realizados recientemente demuestran la rentabilidad del cultivo de camarones en invernaderos y que la inversión de estructura y filme plástico se puede amortizar en un solo ciclo.

El cultivo de camarones en invernadero comenzó a estudiarse en Ecuador el año 2000 y desde entonces las camaronerías cubiertas con plástico han crecido hasta las 400 hectáreas.²⁵



Figura 5

Vista general de invernaderos para el cultivo de camarón en las instalaciones del CENAIM, Guayaquil, Ecuador

La acuicultura española solo está usando invernaderos en aplicaciones muy específicas, especialmente en las fases de cría de larvas o alevines de peces (dorada, lubina), la extensión cubierta es muy pequeña y no se ha detectado ningún interés claro por explorar en el futuro inmediato si

el uso de invernaderos para el desarrollo de alguno de los cultivos acuícolas puede ser ventajoso, igual que se ha demostrado con los camarones en Ecuador.

Existen también iniciativas para combinar el cultivo en invernadero de vegetales y peces, como el proyecto «Hidrotilapia», promovido por la Universidad Politécnica de Madrid. Este proyecto estudia el cultivo de fresas y tilapias (un pez tropical) en dos niveles del invernadero: el cultivo de tilapia se situaría bajo las mesas de fresas, con lo que se aprovecharía mejor el espacio del invernadero. Existen proyectos similares en Israel para cultivo de tilapia en el desierto del Negev.

4.2. ACUICULTURA: CULTIVO DE ALGAS

Existen cultivos comerciales de algas para aplicaciones medicinales, de cosmética o como alimento para la acuicultura animal en los que se utilizan fotobiorreactores fabricados con plásticos, que a su vez pueden estar situados en el exterior o dentro de un invernadero convencional.²⁶

Los fotobiorreactores son estructuras, generalmente cilíndricas, de plástico transparente rígido o flexible, dispuestas en horizontal o en vertical, dentro de las cuales se cultivan las algas en medio acuoso dulce o salado. Buena parte de la tecnología desarrollada para las cubiertas de invernadero (fotoestabilización, fotoselectividad...) podría ser aplicable a los fotobiorreactores. La superficie dedicada al cultivo de algas para estas aplicaciones es aún muy pequeña (menos de una hectárea en España), aunque su potencial de crecimiento sea alto.

El cultivo de microalgas para la producción de biodiésel es un tema que también se está estudiando desde hace años.²⁷ El sistema convencional empleado para llevar a cabo el cultivo es usar estanques de gran superficie y poca profundidad (*raceways*), aunque también se está estudiando el uso de fotobiorreactores. Aunque el cultivo de algas en invernaderos para la producción de biocombustibles es

hoy en día casi inexistente, puede tener un desarrollo rápido en los próximos años, impulsado por la legislación europea y el Plan Nacional de Energías Renovables.

4.3. ENERGÍA SOLAR

Además de la aplicación de energías renovables (solar, eólica) para el suministro energético de invernaderos convencionales, existen iniciativas para utilizar invernaderos como generadores de electricidad aprovechando la energía solar en su versión térmica o fotovoltaica.

La primera se basa en el concepto de torre solar, una construcción que trata de aprovechar la energía solar mediante la convección de aire.^{28,29} El aire se calienta en un gran invernadero circular y la convección generada hace que suba y tienda a escapar a través de una gran torre. El aire en movimiento impulsa unas turbinas que generan electricidad. El principal problema de esta propuesta es la diferencia relativamente pequeña entre la temperatura más alta y la más baja del sistema. El teorema de Carnot restringe enormemente la eficacia de la conversión en estas circunstancias, por lo que son necesarias torres de gran altura.

En 1903 el coronel español Isidoro Cabanyes diseñó la primera torre solar. Otro de los primeros diseños de una central eléctrica basada en la torre solar fue creado en 1931 por un autor alemán, Hanns Günther. A principios de 1975 Roberto E. Lucier solicitó las patentes de la torre solar; entre 1978 y 1981 estas patentes fueron concedidas en los Estados Unidos, Canadá, Australia e Israel.

Más recientemente Schlaich, Bergerman & Partner, bajo la dirección del prof. alemán Jörg Schlaich, construyó un modelo de trabajo a pequeña escala de una torre solar en 1982 en Manzanares (Ciudad Real), a 150 km al sur de Madrid (figura 6), que fue financiada completamente por el gobierno alemán. Esta central eléctrica funcionó satisfactoriamente durante aproximadamente ocho años y fue

derribada por una tormenta en 1989. La torre tenía un diámetro de 10 m y una altura de 195 m, con un área de la colección (invernadero) de 46.000 m², que conseguía una producción máxima de energía de cerca de 50 kW.

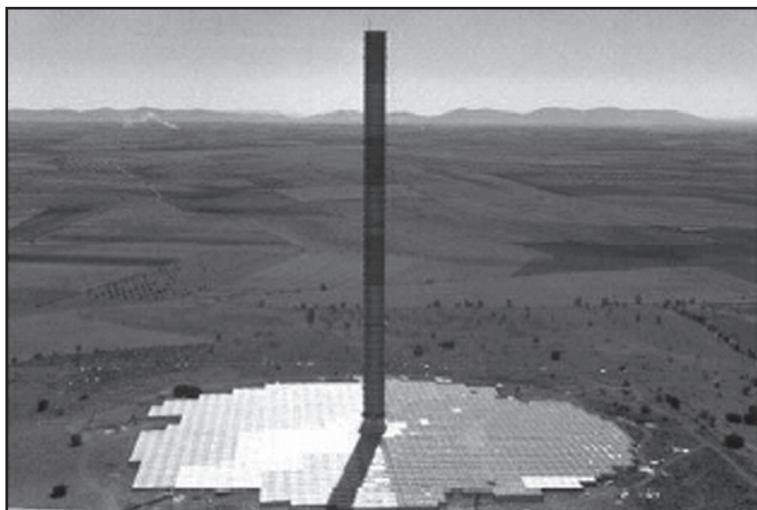


Figura 6

Prototipo de torre solar en Manzanares, Ciudad Real

La máxima potencia eléctrica que puede desarrollar el diseño es de hasta 200 megavatios (MW). La chimenea solar propuesta inicialmente debía medir un km de alto, y la base 7 km de diámetro, con una superficie de 38 km². La chimenea solar extraería así cerca del 0,5% de la energía solar que fuese irradiada en el área cubierta.

Uno de los inconvenientes del sistema es que funciona durante el día, cuando el sol calienta el aire, pero deja de funcionar durante la noche. Esto se puede evitar cubriendo el suelo con tubería o bolsas de agua que absorben la energía térmica durante el día y la emiten durante la noche, equilibrando el funcionamiento del sistema. Se ha demostrado que un espesor de agua de 10 a 20 cm es sufi-

ciente para que la generación de la torre sea prácticamente constante a lo largo del día.

Aunque las pruebas realizadas en los años ochenta parecían indicar que el sistema no era rentable, estudios actuales indican que, debido a las mejoras en los materiales para la absorción de calor que pueden ser utilizados en el invernadero, la altura de la chimenea y el diámetro de la base podrían verse reducidos sustancialmente para incrementar así la eficiencia y, por tanto, la rentabilidad.

Además de los proyectos de torre solar, también existen iniciativas a más largo plazo para el desarrollo de paneles fotovoltaicos orgánicos semitransparentes, que permiten el cultivo de plantas bajo ellos, al mismo tiempo que convierten parte de la energía solar en energía eléctrica.³⁰

4.4. DESALACIÓN DE AGUA

La desalación es una técnica que consiste en retirar la sal del agua marina para convertirla en un recurso aprovechable tanto para el uso humano como para riego o usos industriales. Una desaladora solar pasiva consiste en cubrir una balsa de agua con una estructura similar a un invernadero en forma de arco gótico o apuntado sobre la que se colocan filmes antigoteo.³¹ Con la radiación solar incidente se favorece la evaporación del agua. Mientras que la sal va quedando concentrada en la balsa, la condensación en lámina característica de los filmes antigoteo, permite que el agua deslice por las paredes del plástico para posteriormente ser recogida. Los materiales plásticos existentes en la actualidad presentan un efecto antigoteo de duración limitada en las condiciones de alta temperatura y humedad que se dan en una desaladora solar, pero el desarrollo de nuevos materiales con efecto antigoteo permanente puede hacer viable esta aplicación, sobre todo en zonas de alta radiación solar y bajo precio del suelo, dada la gran superficie necesaria para su instalación.

A finales de los años noventa se desarrolló en la Estación Experimental de Cajamar «Las Palmerillas» un proyecto en este sentido, que no tuvo éxito debido a la limitada duración del efecto antigoteo en los plásticos (figura 7). Por otro lado, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) está desarrollando materiales superhidrofílicos con efecto antigoteo permanente, así como materiales que combinan zonas superhidrofóbicas con zonas superhidrofílicas para la recogida de agua por condensación de la humedad atmosférica, lo que podría ser de gran interés en zonas áridas. Estos materiales se basan en la combinación de nanopartículas de sílice con polímeros cargados positiva y negativamente y moléculas perfluoradas que se autoensamblan.



Figura 7

Prototipo de desaladora solar en la Estación Experimental de Cajamar, Almería

4.5. BIOMINERÍA

La lixiviación bacteriana es un proceso biotecnológico que emplea bacterias específicas para lixiviar o extraer metales de valor como uranio, cobre, zinc, níquel o cobalto de menas o concentrados minerales. Se está utilizando cada vez más en países como Chile, Perú, Australia o Estados Unidos. Esta tecnología también es aplicable a la recuperación de suelos contaminados con metales pesados. Uno de los parámetros fundamentales en el proceso es la temperatura, ya que las bacterias empleadas son moderadamente termófilas. La utilización de piscinas cubiertas de plástico, similares a las camaroneras, para estos procesos está en estudio y podría tener un fuerte desarrollo en los próximos años.

5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ N. CASTILLA (2004), *Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo*, Mundi-Prensa, Madrid.
- ² Wikipedia (2008), <http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse>.
- ³ J. C. GARNAUD (2000), *Plasticulture magazine: a milestone for a history of progress in plasticulture*, en *Plasticulture* 119, 30-43.
- ⁴ L. MARTÍN VICENTE - P. ROBLEDO (1971), *Manual sobre aplicación de los plásticos en agricultura*, Instituto de Plásticos y Caucho, Madrid.
- ⁵ T. DÍAZ - E. ESPÍ - A. FONTECHA - J. C. JIMÉNEZ - J. LÓPEZ - A. SALMERÓN (2001), *Los filmes plásticos en la producción agrícola*, Repsol YPF, Mundi-Prensa, Madrid.
- ⁶ W. Jiang - D. Qu - D. Mu - L. R. Wang (2004), *China's energy-saving greenhouses*, en *Chronica Horticulturae (ISHS)* 44 (1), 15-17.
- ⁷ A. PARDOSSI - F. TOGNONI - L. INCROCCI (2004), *Mediterranean greenhouse technology*, en *Chronica Horticulturae (ISHS)* 44 (2), 28-34.
- ⁸ J.-P. JOUËT (2006), *Situation de la plasticulture dans le monde*, CIPA, París.

- ⁹ N. CASTILLA - J. HERNÁNDEZ (2005), *The plastic greenhouse industry of Spain*, en: *Chronica Horticulturae (ISHS)* 45 (3), 15-20.
- ¹⁰ MAPA (2006), *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos*, MAPA, Madrid.
- ¹¹ MAPA (2004), *Anuario de estadística agroalimentaria*, MAPA, Madrid.
- ¹² Cajamar (2007), *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2006-2007*, Ed. Cajamar, Almería.
- ¹³ Novotécnica (2007), *Anuario de la agricultura almeriense 2006*, Grupo Novotécnica, La Voz de Almería, Almería.
- ¹⁴ J. C. GARNAUD (1988), *Agricultural and horticultural applications of polymers*, Rapra Technology Ltd., Pergamon Press, Oxford, Shawbury, UK.
- ¹⁵ R. P. BROWN (2004). *Polymers in agriculture y horticulture*, Rapra Technology Ltd., Pergamon Press, Oxford, Shawbury, UK.
- ¹⁶ J. PÉREZ PARRA - J. C. LÓPEZ - M. D. FERNÁNDEZ (2002), *Situación actual y tendencias en las estructuras de producción en la horticultura almeriense*, en: J. M. GARCÍA ÁLVAREZ-COQUE, *La agricultura mediterránea en el siglo XXI*, Ed. Cajamar, Almería.
- ¹⁷ C. FERNÁNDEZ SIERRA - J. PÉREZ PARRA (2004), *Caracterización de los invernaderos de la provincia de Almería*, Ed. Cajamar, Almería.
- ¹⁸ A. L. ALARCÓN (2000), *Riego y fertirrigación*, en: A. L. ALARCÓN, *Tecnología para cultivos de alto rendimiento*, Ed. Novedades Agrícolas, Murcia.
- ¹⁹ H. H. W. VELTHUIS - A. VAN DOORN (2006), *A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination*, en: *Apidologie* 37, 421-451.

- ²⁰ J. VAN DER BLOM (2002), *La introducción artificial de fauna auxiliar en los cultivos agrícolas*, en *Bol. San. Veg. Plagas* 28, 109-120.
- ²¹ J. I. MONTERO - C. STANGHELLINI - N. CASTILLA (2008), *Greenhouse technology for sustainable production in mild winter climate areas: trends and needs*, en: *Acta Horticulturae (ISHS)* (para publicar).
- ²² E. J. VAN HENTEN (2006), *Greenhouse mechanization: state of the art and future perspective*, en *Acta Horticulturae (ISHS)* 710, 55-69.
- ²³ J. A. FRANCO - S. BAÑÓN - J. A. FERNÁNDEZ - A. GONZÁLEZ (2000), *La fertilización carbónica en horticultura* en A. L. ALARCÓN, *Tecnología para cultivos de alto rendimiento*, Ed. Novedades Agrícolas, Murcia.
- ²⁴ R. MOE (1997), *Physiological aspects of supplementary lighting in horticulture*, en: *Acta Horticulturae (ISHS)* 418, 17-24.
- ²⁵ A. SALMERÓN - E. ESPÍ - A. FONTECHA - Y. GARCÍA (2003), *Plásticos para invernaderos de camarón: tipos, ventajas y desventajas*, en: *Acuicultura* 49, 44-55.
- ²⁶ C. CONTRERAS-FLORES - J. M. PEÑA-CASTRO - L. B. FLORES-COTERA - L. O. CAÑIZARES-VILLANUEVA (2003), *Avances en el diseño conceptual de fotobiorreactores para el cultivo de microalgas*, en: *Interciencia* 28 (8), 450-456.
- ²⁷ J. SHEEHAN - T. DUNAHAY - J. BENEMANN - P. ROESSLER (1998), *A look back at the U.S. Department of Energy aquatic species program. Biodiesel from algae*, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA.
- ²⁸ J. SCHLAICH - W. SCHIEL (2001), *Solar chimneys*, en *Encyclopaedia of Physical Science and Technology*, 3rd. Edition, Academic Press, Londres.

- ²⁹ I. CABANYES (1903), *Proyecto de motor solar*, en *La Energía Eléctrica*, Revista General de Electricidad y sus Aplicaciones 8 (4).
- ³⁰ A. AL-IBRAHIM - N. AL-ABBADI - I. AL-HELAL (2006), *Photovoltaic (PV) greenhouse system. System description, performance and lesson learned*, en *Acta Horticulturae (ISHS)* 710, 251-264.
- ³¹ J. M. AGÜERA - G. ZARAGOZA - J. PÉREZ PARRA - G. JORGE TAPIA (2004), *Funcionamiento y caracterización de una desaladora solar pasiva con cubierta de plástico*, en *Riegos y Drenajes XXI* 136, 72-77.



Anexo 1

TIPOS DE FILMES PLÁSTICOS PARA CUBIERTA DE INVERNADERO

Filmes dos campañas, tres campañas, dos años...: Los filmes agrícolas se clasifican según el tiempo de uso para el que se garantizan sus propiedades mecánicas: años naturales o campañas agrícolas, cosa que depende esencialmente de los aditivos fotoestabilizantes utilizados. Una campaña equivale aproximadamente a nueve meses (un año menos un verano), dos campañas a veintiún meses (dos años menos un verano), etc. Los filmes llevan siempre aditivos estabilizantes contra la degradación ultravioleta (HALS, acrónimo de *Hidred Amine Light Stabilisers*, los filmes incoloros, y complejos de níquel, los filmes amarillos) y térmica (antioxidantes tipo fenol + fosfito).

Filmes monocapa, tricapa...: Los filmes agrícolas pueden estar compuestos por un solo material (filmes monocapa) o por varias capas de materiales diferentes (filmes multicapa, generalmente tricapa). La ventaja de estos últimos es que en la capa central se puede utilizar un copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA) o de etileno y acrilato de butilo (EBA) de alto contenido de comonomero, con lo que

se aumenta la transparencia y la compatibilidad de los aditivos, sin las desventajas que tendría un filme monocapa contenido en este material: bloqueo, acumulación de polvo, fluencia en frío...

Filmes difusos y filmes claros: En lo que respecta a su efecto sobre la luz visible (380-760 nanómetros [nm] y, más concretamente a la turbidez (haze), los filmes se pueden clasificar en difusos, cuando desvían más de $2,5^\circ$ la mayor parte de la radiación que los atraviesa; y claros, cuando no desvían la radiación. Al aumentar la difusión, suele disminuir la transmisión total de luz visible. Los filmes difusos son más adecuados para climas mediterráneos, poco nubosos, en los que la radiación solar es directa, porque evitan las sombras dentro del invernadero. En climas más nubosos, en los que la luz natural es difusa, se suelen preferir filmes claros, que tienen una transparencia máxima. En general es más interesante la luz difusa, debido a su mayor eficacia fotosintética.

Filmes antigoteo: Filmes modificados superficialmente para aumentar su higroscopicidad (capacidad de absorber humedad), de forma que condensen el agua sobre ellos en forma de lámina continua transparente y no de gotas aisladas. Aumentan la transmisión de luz visible en un 30% y reducen las enfermedades criptogámicas al reducir el goteo sobre las plantas. Para obtener filmes antigoteo basados en poliolefinas, se utilizan como aditivos ésteres de ácidos grasos y derivados del sorbitol o de la glicerina.

Filmes fotoselectivos: Cualquier filme que absorba o refleje una longitud de onda con un propósito determinado (filmes antiplagas, fluorescentes, térmicos, antitérmicos, etc.):

- **Filmes térmicos:** Filmes que absorben o reflejan la radiación infrarroja media (2.500-50.000 nm), especialmente la «ventana atmosférica» (7.000-14.000 nm). Al

impedir que la radiación emitida por el suelo durante la noche salga del invernadero, contribuye a mantener la temperatura de las plantas. Para fabricar filmes térmicos basados en poliolefinas, se añaden cargas minerales (sílice, silicatos o boratos) o se aumenta el porcentaje de acetato de vinilo.

- **Filmes antitérmicos:** Filmes que absorben o reflejan la radiación infrarroja cercana (700 a 2.500 nm). Al impedir que la parte infrarroja de la radiación solar entre en el invernadero, impiden el sobrecalentamiento durante el día. Pueden estar basados en aditivos inorgánicos (pigmentos de interferencia) u orgánicos (colorantes IR).
- **Filmes antibotrytis, antivírus o antiplagas:** Filmes muy opacos a la radiación ultravioleta (300-350 nm). Evitan la esporulación de algunos hongos patógenos (*Botrytis cinerea*) dentro del invernadero. Reducen la población de algunos insectos (mosca blanca, *trips*) que transmiten virus patógenos (virus de la cuchara y del bronceado, respectivamente). Pueden tener efectos negativos sobre los abejorros polinizadores. Como aditivos absorbentes ultravioleta se utilizan benzofenonas o benzotriazoles.
- **Filmes luminiscentes:** Engloban a los filmes fluorescentes y fosforescentes:
 - **Filmes fluorescentes:** Filmes que absorben radiación en una longitud de onda y la reemiten inmediatamente a una longitud de onda mayor. Al absorber longitudes de onda poco utilizables por la planta para la fotosíntesis (ultravioleta 300-400 nm o verde 500-600 nm) y reemitirla en otras más efectivas (azul 400-500 nm o rojo 600-700 nm), aumentan el rendimiento fotosintético y, consiguientemente, la productividad del invernadero. Como aditivos fluorescentes se utilizan tanto compuestos orgánicos (salicilatos, colorantes de muy diversos tipos) como inorgánicos (sales de tierras raras).

- *Filmes fosforescentes*: Filmes con el mismo efecto que los fluorescentes, pero que reemiten la radiación por fosforescencia. Pueden tener un efecto de alargamiento del día. Como aditivos fosforescentes se suelen utilizar compuestos inorgánicos (sulfuros de cinc dopados o aluminatos de estroncio).
- **Filmes cromogénicos**: Filmes que cambian de color en función de una variable externa: si es la temperatura se denominan termocrómicos, si es la luz, fotocromicos, si es el campo eléctrico, electrocromicos, etc.
- **Filmes termocrómicos**: Filmes que cambian de color en función de la temperatura del invernadero. Un ejemplo pueden ser los filmes que son antitérmicos o no, dependiendo de la temperatura.

Anexo 2

DESARROLLOS RECIENTES EN MATERIALES PARA CUBIERTA DE INVERNADERO

Filmes con bloqueo UV (antiplagas): Este tipo de filmes fotoselectivos basan su modo de acción en el bloqueo de la transmisión de radiación ultravioleta (290-380 nm) al interior del invernadero. Este proceso dificulta, ralentiza o disminuye el desarrollo de plagas o enfermedades causadas por hongos o por virus transmitidos por insectos que por algún motivo sean sensibles a la disminución o ausencia de este tipo de radiación. Los efectos sobre estos dos tipos de fitopatógenos son claramente diferenciables:

- Por un lado existen hongos fotosensibles que necesitan luz ultravioleta para producir esporas y reproducirse. El ejemplo más conocido es *Botrytis cinerea*, aunque existen otros como *Fusarium oxysporum*, etc. Los filmes fotoselectivos eliminan esta radiación de la luz ambiente del invernadero, con lo que impiden la reproducción de estos hongos y disminuyen las posibilidades de una plaga.
- Por otro lado, muchos virus causantes de enfermedades en los cultivos protegidos son transmitidos por insectos. Un ejemplo típico en los cultivos de tomate del sur de España es el virus de la cuchara (*Tomato Yellow Curl Leaf Virus*, TYCLV), que es transmitido por *Bemisia tabaci* (mosca blanca). Otro es el que afecta especialmente a los cultivos de pimiento, denominado virus del bronceado (*Tomato Spotted Wilt Tospovirus*, TSWV) del que es vector *Frankliniella occidentalis* (trips). Muchos de estos insectos tienen fotorreceptores sensibles al ultravioleta en sus órganos visuales. Un ambiente oscurecido en esas longitudes de onda no les resulta atractivo, por lo que o bien no entran al invernadero o bien su movilidad se ve reducida, lo que provoca que su capacidad para causar virosis en los cultivos disminuya sensiblemente.

La figura 8 muestra diferentes distribuciones espectrales de la radiación solar medidas simultáneamente dentro y fuera de dos invernaderos cubiertos con un filme normal y con un filme con bloqueo UV.

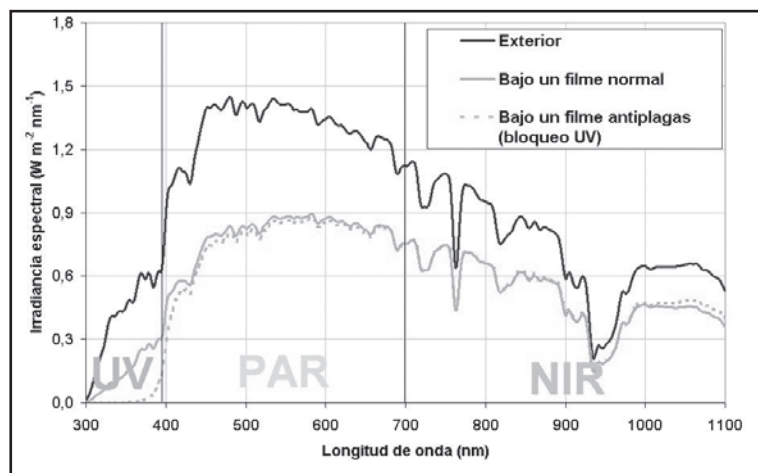


Figura 8

Distribución espectral de la luz solar en exterior (negro), bajo un filme normal (gris continuo) y bajo un filme antiplagas (gris discontinuo)

Las poliolefinas son intrínsecamente transparentes a las longitudes de onda de interés para esta aplicación (300-350 nm). Sin embargo, el bloqueo de la radiación ultravioleta no es tecnológicamente difícil, aunque también es conocida la tendencia de los absorbentes ultravioleta orgánicos a desaparecer con el tiempo, debido a la migración, dada su escasa compatibilidad con la matriz polimérica. En general las películas comerciales habituales presentan una cierta opacidad inicial al ultravioleta (5% de transmisión suele ser un valor habitual), que se pierde con el uso y desaparece prácticamente al cabo de un año de exposición en campo. En la actualidad es posible encontrar en el mercado filmes foselectivos que mantienen su opacidad ul-

travioleta por debajo del valor que se considera efectivo desde el punto de vista antiplagas, a lo largo de dos o tres campañas agrícolas.

Filmes con bloqueo NIR (antitérmicos): Los invernaderos situados en las zonas tropicales o desérticas pueden sufrir problemas originados por temperaturas excesivas prácticamente a lo largo de todo su ciclo productivo. Por ello, el requerimiento más importante para materiales de cubierta destinados a climas tropicales y subtropicales es que contribuyan al enfriamiento en el interior del invernadero. La intensa radiación solar provoca un fuerte calentamiento dentro del invernadero que debe ser evitado con cubiertas que bloqueen la radiación solar tanto como sea posible. Esto puede conseguirse bloqueando la radiación mediante fotosíntesis activa (PAR, *Photosynthetically Active Radiation*, 400-700 nm), pero el efecto refrigerante es mucho más eficaz si solamente se bloquea la radiación que no contribuye al crecimiento vegetal, como la radiación infrarroja NIR (700-3.000 nm). Puesto que esta franja de radiación no es necesaria para la fotosíntesis, con las nuevas generaciones de materiales de cubierta antitérmicos se pretende bloquear selectivamente esta parte del espectro solar (figura 9).

El espectro de la transmisión de un filme plástico se puede modificar en la zona del NIR usando materiales reflectantes (pigmentos metálicos), materiales absorbedores y pigmentos de interferencia (pigmentos que consisten en micas cubiertas con una capa delgada de óxidos metálicos). Hasta ahora las bajas prestaciones de estos materiales y su alto precio han limitado su uso, pero, gracias a mucho trabajo de investigación, se ha desarrollado una nueva generación de «filmes antitérmicos» con un buen balance coste/prestaciones.

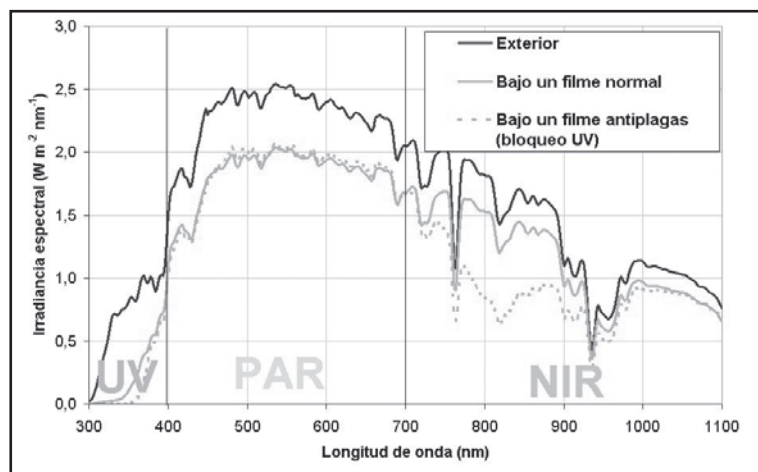


Figura 9

Distribución espectral de la luz solar en exterior (negro), bajo un filme normal (gris continuo) y bajo un filme antitérmico (gris discontinuo)

Filmes luminiscentes: La luz solar con longitudes de onda entre 400 y 700 nm es necesaria para la fotosíntesis. La luz también actúa como portador de información sobre las condiciones ambientales del entorno. Los fotorreceptores (fitocromo, fotorreceptores UV-azules...) de la planta detectan cambios en la composición de la luz y la planta reacciona a estos cambios con una respuesta fotomorfogénica. La fotomorfogénesis es el proceso que determina la forma, el color y la floración de plantas. Las longitudes de onda entre 300 y 800 nm y especialmente la relación 600-700/700-800 nm, es decir, el cociente rojo/rojo lejano o R/FR), son importantes para este proceso. Se ha invertido mucho esfuerzo en desarrollar nuevas cubiertas para invernadero con las propiedades ópticas adecuadas para optimizar el crecimiento vegetal y el desarrollo. Los nuevos plásticos agrícolas que contienen pigmentos fluorescentes pueden convertir la radiación ultravioleta en luz azul o roja (películas descoloridas) o radiación verde en luz roja (películas coloreadas naranja-rojas) (figura 10).

Los parámetros más importantes para este tipo de filmes son la transmisión de luz total, la distribución espectral, el efecto fluorescente y su fotoestabilidad. Existen filmes fluorescentes comerciales o precomerciales en el mercado, pero su precio y los efectos morfogenéticos, que pueden ser positivos o negativos según la cosecha, han limitado su uso actual.

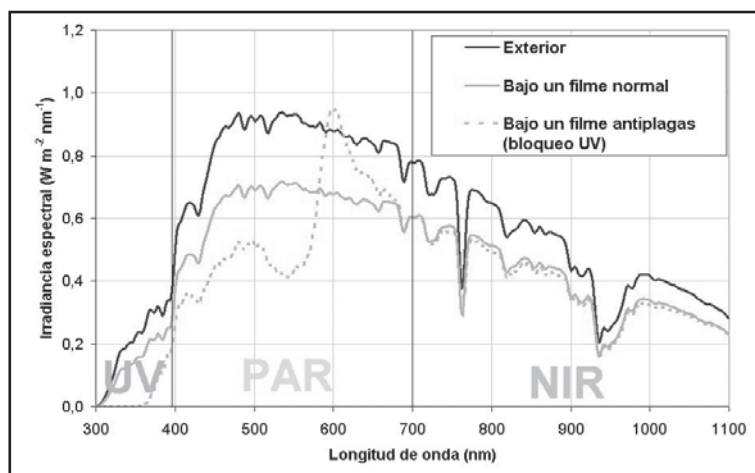


Figura 10

Distribución espectral de la luz solar en exterior (negro), bajo un filme normal (gris continuo) y bajo un filme fluorescente (gris discontinuo)

Filmes ultratérmicos: A través de los años, las cargas minerales utilizadas para aumentar la termicidad, los filmes de polietileno de baja densidad (LDPE) y los copolímeros de etileno y acetato de vinilo/acrilato de butilo (EVA/EBA) han ido evolucionando. Las primeras patentes y los primeros filmes comerciales, a comienzos de los años setenta, utilizaron principalmente la sílice, los silicatos y silicatos alúmina hidratada. Con el tiempo, las temperaturas de extrusión usadas por los transformadores aumentaron y se abandonó el uso del hidróxido de aluminio puesto que se

descompone por encima de 180 °C. Durante los años noventa las cargas más utilizadas fueron silicatos, especialmente el caolín calcinado, que tiene algunas limitaciones importantes: acelera la fotodegradación del filme, aumenta moderadamente la turbidez y disminuye la transmisión de luz. Hay cargas comerciales mejores, como la hidrotalcita, que no son degradantes y que no afectan a las características ópticas de la película, pero son mucho más costosas.

Recientemente ha sido desarrollada una nueva familia de cargas minerales que no son degradantes, no disminuyen la transmisión de luz y confieren baja o muy alta turbidez al filme, según el requerimiento. Ahora que la cantidad de carga no es un factor limitante, se pueden alcanzar niveles mayores de eficacia bloqueando la radiación infrarroja, dando lugar a una nueva generación de las películas ultratérmicas (UT).

Anexo 3

NORMATIVA PARA EL INVERNADERO PLÁSTICO

Los organismos normalizadores: La organización encargada de establecer las normas a escala mundial es la ISO (International Standard Organization), creada en Londres en 1946 por veinticinco organizaciones nacionales. ISO actúa prácticamente en todos los campos de normalización con algunas excepciones, como el eléctrico y electrónico, que están bajo la responsabilidad de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

En el ámbito europeo, los organismos de normalización son el Comité Europeo de Normalización (CEN), que cubre la mayor parte de las áreas que son objeto de normalización, el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) y el Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones (ETSI).

Las actividades de normalización en España se encomendaron inicialmente a un instituto dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC): el Instituto de Racionalización y Normalización (IRANOR) creado en 1946. En 1985 la responsabilidad de normalización se transfirió al Ministerio de Industria y Energía, al que se facultó para la designación de entidades o asociaciones reconocidas para desarrollar tareas de normalización y certificación que deberían cumplir una serie de premisas, como ser entidades sin ánimo de lucro, de carácter privado y tener carácter nacional, eligiéndose a este fin a la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

Un organismo privado con una reconocida importancia en el ámbito, entre otros, de los plásticos es la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Normas sobre invernaderos: En España la norma vigente sobre construcción de invernaderos ha sido elaborada por

el comité AEN/CTN 76 «Estructuras metálicas permanentes» y es la norma:

- UNE-EN 13031:2002 «Invernaderos. Proyecto y construcción».

Normas sobre filmes plásticos para cubierta de invernadero: En el campo de los filmes agrícolas, la estructura del CEN es la siguiente:

- CEN TC 249: comité que hace la normalización europea sobre los plásticos.
- CEN TC 249/SC 6: subcomité para los filmes.
- CEN TC 249/SC 6/WG 7: es el grupo de trabajo que se ocupa de la elaboración de las normas para filmes agrícolas.

En España la norma vigente sobre filmes plásticos para cubierta de invernadero es:

- UNE-EN 13206:2002: «Filmes termoplásticos de cubierta para su utilización en agricultura y horticultura», que fue elaborada por el comité AEN/CTN 53 «Plásticos y caucho» y que es equivalente de la norma europea EN 13206:2001.

Normas sobre propiedades de los filmes plásticos para cubierta de invernadero: Las normas en vigor para las propiedades de los filmes plásticos para cubierta de invernadero son las siguientes:

- Densidad: UNE-EN ISO 1183:2000-2005 «Plásticos. Métodos para determinar la densidad de plásticos no celulares».
- Índice de fluidez: UNE-EN ISO 1133:2006 «Plásticos. Determinación del índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV)».

- Propiedades en tracción (resistencia y alargamiento): UNE-EN ISO 527:1996 «Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción».
- Rasgado: UNE-EN ISO 6383:2005 «Plásticos. Películas y láminas de plástico. Determinación de la resistencia al rasgado».
- Impacto: UNE-EN ISO 7765:2005 «Películas y láminas de plástico. Determinación de la resistencia al impacto por caída de dardo».
- Dureza: UNE-EN ISO 2039:2000 «Plásticos. Determinación de la dureza».
- Temperatura de reblandecimiento: UNE-EN ISO 306:2005 «Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento Vicat (VST)».
- Fluencia (*creep*): incluida en UNE-EN 13206:2002.
- Propiedades ópticas: UNE-EN ISO 2155-5:1992 «Material aeroespacial. Métodos de ensayo de materiales transparentes para acristalamiento de construcciones aeroespaciales. Parte 5: Medida de la transmisión de luz en la zona del visible» y UNE-EN ISO 2155-9:1992 «Material aeroespacial. Métodos de ensayo de materiales transparentes para acristalamiento de construcciones aeroespaciales. Parte 9: Determinación de la turbiedad».
- Transmisión infrarroja: incluida en UNE-EN 13206:2002.
- Envejecimiento acelerado: incluida en UNE-EN 13206:2002.

Anexo 4

AYUDAS PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Con el fin de contribuir al desarrollo rural, se estableció un régimen de ayudas para agricultores, Real Decreto 613 de 2001, conforme al Reglamento (CE) 1257/1999, del Consejo de 17 de mayo, y la Ley 19/1995, de 4 de julio. Las líneas de ayuda que se establecen en este Real Decreto son aplicables tanto a inversiones en las explotaciones agrarias mediante planes de mejora como a la primera instalación de agricultores jóvenes en dos modalidades, a fondo perdido y como préstamos blandos.

La situación actualizada de las ayudas e inversiones en explotaciones agrarias se puede consultar en la página web del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), en la actualidad Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino:

<http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/agrarias/ayudas.htm>

Anexo 5

DIRECTORIO DE ORGANISMOS DE INVESTIGACIÓN, ASOCIACIONES, ENTIDADES, FERIAS Y PROYECTOS DE INTERÉS

Organismos de investigación sobre plásticos

Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLAS)

Actividad: Investigación aplicada al sector de transformación de los materiales plásticos y el apoyo al desarrollo e innovación tecnológica del sector a través de soluciones integrales adaptadas a las empresas.

Dirección postal: Gustave Eiffel 4, 46980 Paterna (Valencia), España.

Contacto: Teléf.: (+34) 961 366 040.

Correo electrónico: dit@aimplas.es

<https://www.aimplas.es>

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC)

Actividad: Investigación y desarrollo de materiales poliméricos.

Dirección postal: Juan de la Cierva 3, 28006 Madrid, España

Contacto: Teléf.: (+34) 915 622 900.

Correo electrónico: director.ictp@csic.es

<http://www.ictp.csic.es>

Instituto Universitario de Materiales Poliméricos de la Universidad del País Vasco (POLYMAT)

Actividad: Investigación y desarrollo de materiales poliméricos.

Dirección postal: Manuel de Lardizábal 3, 20018 San Sebastián, España.

Contacto: Teléf.: (+34) 943 015 347.

Correo electrónico: polymat@sq.ehu.es

<http://www.sc.ehu.es/powgep99/polymat/homepage.html>

Centro Español de Plásticos (CEP)

Actividad: Es una asociación técnico-profesional sin ánimo de lucro, fundada en el año 1953, que agrupa a empresas transformadoras de plásticos, fabricantes e importadores de materias primas y productos auxiliares, fabricantes e importadores de maquinaria y equipos, constructores de moldes, recicladores y empresas utilizadoras de materiales plásticos, profesionales del sector.

Dirección postal: Enrique Granados 101, 08008 Barcelona, España

Contacto: Teléf.: (+34) 932 189 412.

Correo electrónico: cep@cep-inform.es

<http://www.cep-inform.es>

Centro Catalán del Plástico (CCP)

Actividad: Investigación y desarrollo de materiales plásticos.

Dirección postal: Carrer Colom 114, 08222 Terrassa (Barcelona), España

Contacto: Teléf.: (+34) 937 837 022.

Correo electrónico: centre.catala.plastic@upc.es

<http://www.upc.edu/ccp>

Organismos de investigación sobre horticultura intensiva

Estación Experimental «Las Palmerillas» de Cajamar

Actividad: Las líneas de trabajo de la estación tratan de compatibilizar economía y medio ambiente, desarrollando programas de trabajo cuyos resultados ayuden a mejorar el sistema productivo de forma compatible con el entorno medioambiental.

Dirección postal: Autovía del Mediterráneo km 416,7, El Ejido (Almería), España

Contacto: Teléf.: (+34) 950 580 548.

Correo electrónico: estacion@fundacioncajamar.com

<http://www.fundacioncajamar.es>

Estación Experimental «La Mayora» (CSIC)

Actividad: El Instituto se estructura en dos departamentos: Departamento de Mejora Vegetal y Departamento de Fruticultura Subtropical y Fitopatología, en los que se integran cinco grupos de investigación: Mejora Genética, Cultivo de Tejidos y Biotecnología, Fruticultura, Micología y Virología. La finca experimental en la que se ubica la estación tiene una extensión de 51 hectáreas que se subdividen en 31 parcelas. Entre las infraestructuras experimentales de que dispone, existen 16.460 m² de invernaderos estándar, 3.000 m² de invernaderos tecnificados, además de cinco insectarios de 30 m².

Dirección postal: 29750 Algarrobo-Costa, Málaga, España.

Contacto: Teléf.: (+34) 952 552 656.

Correo electrónico: bibmayora@eelm.csic.es

<http://www.eelm.csic.es>

IFAPA (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Junta de Andalucía)

Actividad: El IFAPA es un organismo público de investigación, con la condición de organismo autónomo, que tiene como objetivos prioritarios impulsar la investigación, la innovación tecnológica y la formación en los ámbitos agrario, pesquero y agroalimentario. Cuenta con diversos centros, de los que destacan por su mayor actividad en horticultura intensiva:

- **IFAPA Centro La Mojonera - Almería**
Dirección postal: Autovía del Mediterráneo, salida 420. Paraje San Nicolás. 04745 La Mojonera (Almería). España.
Contacto: Tfno.: (+34) 950 156 453
Correo electrónico: mojonera.ifapa@juntadeandalucia.es
<http://web-ifapa.cice.junta-andalucia.es:6080/innovacioncienciayempresa/ifapa/servlet/FrontController?ec=mojonera>
- **IFAPA Centro Camino de Purchil - Granada**
Dirección postal: Camino de Purchil 55, Apartado 2027, 18004 Granada. España
Contacto: Teléf. (+34) 958 895 200
Correo electrónico: granada.ifapa@juntadeandalucia.es
<http://web-ifapa.cice.junta-andalucia.es:6080/innovacioncienciayempresa/ifapa/servlet/FrontController?ec=granada>

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Actividad: El IMIDA es un organismo público de investigación, con la condición de organismo autónomo, que tiene

como objetivo prioritario la atención de las necesidades de investigación que demande el sector agrario de la Región de Murcia.

Dirección postal: Mayor, s/n, 30150 La Alberca (Murcia), España

Contacto: Teléf.: (+34) 968 366 716.

<http://www.imida.es>

El Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA)

Actividad: Investigación científica y la transferencia tecnológica en el ámbito de la agricultura, acuicultura y la industria agroalimentaria. El IRTA realiza su actividad de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia a través de Unidades Operativas ubicadas en Centros de Investigación y Estaciones Experimentales.

Dirección postal: Paseo de Gracia 44, 08007 Barcelona, España

Contacto: Teléf.: (+34) 934 674 040

<http://www.irta.es/esp/index.html>

Centro de Investigación y Formación Aplicados al Cultivo Intensivo de Tecnología Avanzada (CIFACITA)

Actividad: Es un punto de encuentro entre los fabricantes de tecnología y los usuarios finales a los que ofrece un asesoramiento profesional, experto, dedicado y altamente cualificado sobre las tecnologías aplicadas a los cultivos de alto rendimiento.

Dirección postal: Ctra. El Jimenado km 4,5, Paraje de Santa Cruz, 30700 Torre Pacheco (Murcia), España

Contacto: Teléf.: (+34) 968 576 041.

Correo electrónico: cifacita@cifacita.com

<http://www.cifacita.com/index.htm>

Asociaciones y entidades

The International Society for Horticulture Science (ISHS)

Actividad: promover e incentivar la investigación en todas las ramas de la horticultura y facilitar la cooperación de actividades y la transferencia científicas del conocimiento en una escala global por medio de sus publicaciones, eventos y estructura científica.

Dirección postal: PO Box 500, 3001 Leuven 1, Bélgica

Contacto: Teléf.: (+32) 16 229 427.

Correo electrónico: info@ishs.org

<http://www.ishs.org>

Comité Español de Plásticos en Agricultura (CEPLA)

Actividad: Es una asociación sin ánimo de lucro, muy eficaz para divulgar el uso, las necesidades y las ventajas del plástico y recomendar su mejor forma de uso. Es el núcleo en el que se asocian las empresas del sector, con el fin de realizar acciones conjuntas para el desarrollo de la plasticultura.

Dirección postal: Coslada 18, 28028 Madrid, España

Contacto: Teléf.: (+34) 902 281 828

<http://www.cepla.com>

Comité Internacional de Plásticos en Agricultura (CIPA)

Actividad: Es una asociación internacional sin ánimo de lucro, cuyo objetivo es crear un vínculo entre los Comités Nacionales de Plásticos en Agricultura (CNPA), suscitar la creación de nuevos comités, informar a los productores, transformadores y usuarios de todo el mundo de los estudios e investigaciones en el empleo de plásticos en agricultura, favorecer, en el sentido económico más amplio, la

resolución de problemas de orden científico y tecnológico del ámbito de los plásticos en agricultura mediante la armonización internacional, y promover la normalización de los plásticos en agricultura y su experimentación.

Dirección postal: 65, rue de Prony, 75854 Paris Cédex 17, Francia

Contacto: Teléf.: (+33) 144 011 649.

Correo electrónico: cpacipa@club-internet.fr

Comité Iberoamericano para el Desarrollo y la Aplicación de los Plásticos en Agricultura (CIDAPA)

Actividad: Contribuir al desarrollo y potenciación de la Plasticultura en todos y cada uno de los países miembros, que son los del área iberoamericana.

Contacto: E-mail: secretaria@cidapa.com

<http://www.cidapa.com>

The American Society for Plasticulture (ASP)

Actividad: El propósito de la sociedad es mejorar mediante la utilización de plásticos, la eficacia económica de sistemas agrícolas en varios aspectos de la producción animal y vegetal: fabricación, empaquetado, y distribución, con una recuperación y reutilización correctas desde el punto de vista ambiental. Este propósito se logra mediante la ciencia y tecnología de los plásticos, proporcionando un foro para el intercambio de las ideas e incentivando la innovación

Dirección postal: 526 Brittany Drive, State College, PA 16803

Contacto: Teléf.: 81 42 38 70 45.

E-mail: info@plasticulture.org

<http://www.plasticulture.org>

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH)

Actividad: Los objetivos son el promover y alentar el interés nacional e internacional en la investigación científica, en la divulgación y en la formación en todas las ramas de la horticultura.

Dirección postal: Campus Universitario de Rabanales, Edificio Celestino Mutis, 14080 Córdoba, España

Contacto: Teléf.: (+34) 957218501.

Correo electrónico: sech@uco.es

http://www.sech.info/sech_1.html

Food and Agriculture Organization (FAO)

Actividad: Ayuda tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados a modernizar y mejorar agricultura, la silvicultura y las prácticas de las industrias pesqueras y a combatir el hambre. La FAO actúa como foro neutral donde todas las naciones de modo igualitario negocian acuerdos. La FAO es también una fuente de conocimiento y de información. Desde su fundación en 1945, ha dedicado atención especial en desarrollar las áreas rurales, hogar del 70% de la gente pobre y hambrienta del mundo.

Dirección postal: Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia

Contacto: Teléf.: (+39) 065 70 51.

Correo electrónico: FAO-HQ@fao.org

http://www.fao.org

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA))

Actividad: Es el departamento de la Administración General del Estado encargado de la propuesta y ejecución de

las directrices generales del Gobierno, sobre la política agraria, pesquera y alimentaria.

<http://www.mapa.es>

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)

Actividad: La sociedad europea de los ingenieros agrícolas (EurAgEng) existe para promover la profesión de los ingenieros agrícolas. La sociedad es particularmente activa en conferencias, grupos de interés, publicaciones y contactos.

Dirección postal: Barton Road Silsoe Bedford MK45 4FH, UK

Contacto: Tfno.: (+44) (0) 15 25 861 096.

E-mail: secgen@eurageng.net

<http://www.eurageng.net/>

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)

Actividad: AENOR es una entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios. Tiene como propósito contribuir a mejorar la calidad y la competitividad de las empresas, así como proteger el medio ambiente.

Dirección postal laboratorio: Miguel Yuste 12, 4.ª planta, 28037 Madrid

Contacto: Teléf.: (+34) 914 401 224.

Correo electrónico: mdorado@aenor.es

<http://www.aenor.es>

FERIAS

Expo-Agro de Almería, España

www.almeriaferiasycongresos.com

Iberflora de Valencia, España

<http://iberflora.feriavalencia.com>

NTV-Hortifair de Amsterdam, Holanda

www.hortifair.com

Flormart-Miflor de Padua, Italia

www.flormart.it

IPM de Essen, Alemania

www.ipm-messe.de

IPM-Dubai de Dubai, Emiratos Árabes Unidos

www.ipm-dubai.com

IPM-China de Foshan, China

www.ipm-china.com

PROYECTOS

Proyecto CÉNIT Mediodía

El proyecto de investigación industrial Mediodía, acrónimo de «Multiplicación de Esfuerzos para el Desarrollo, Innovación, Optimización y Diseño de Invernaderos Avanzados» es uno de los quince proyectos merecedores del apoyo del programa de Consorcios Estratégicos Nacionales de Investigación Tecnológica (CÉNIT) en su segunda convocatoria (2007-2010). Este programa está coordinado y apoyado económicamente por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial).

El objetivo general del proyecto es realizar una investigación de carácter estratégico en el campo de la agricultura bajo plástico que permita el desarrollo de un nuevo concepto de invernadero avanzado, altamente automatizado, eficiente en el consumo de energía y agua y que permita cultivos diversificados y rentables en cualquier época del año en distintos climas españoles, mediante un sistema de producción integrada.

El proyecto contempla desarrollos en el área de materiales (para la cubierta, estructura y sustrato del invernadero), sistemas electromecánicos (climatización, movimiento de plantas, fertirrigación y fertilización carbónica) y sistemas biológicos auxiliares (polinizadores y lucha integrada). Así mismo, trabajará sobre la gestión de productos (clasificación, procesado y envasado de vegetales), coproductos y residuos y sobre el suministro de energía y agua renovables a agrupaciones de invernaderos.

Más información en www.cenitmediodia.com

DOCUMENTOS COTEC sobre OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS

Documentos editados

- N.º 1: Sensores.
- N.º 2: Servicios de información técnica.
- N.º 3: Simulación.
- N.º 4: Propiedad industrial.
- N.º 5: Soluciones microelectrónicas (ASIC) para todos los sectores industriales.
- N.º 6: Tuberías de polietileno para conducción de agua potable.
- N.º 7: Actividades turísticas.
- N.º 8: Las PYMES y las telecomunicaciones.
- N.º 9: Química verde.
- N.º 10: Biotecnología.
- N.º 11: Informática en la Pequeña y Mediana Empresa.
- N.º 12: La telemática en el sector de transporte.
- N.º 13: Redes neuronales.
- N.º 14: Vigilancia tecnológica.
- N.º 15: Materiales innovadores. Superconductores y materiales de recubrimiento.
- N.º 16: Productos alimentarios intermedios (PAI).
- N.º 17: Aspectos jurídicos de la gestión de la innovación.
- N.º 18: Comercio y negocios en la sociedad de la información.
- N.º 19: Materiales magnéticos.
- N.º 20: Los incentivos fiscales a la innovación.
- N.º 21: Minería de datos.
- N.º 22: Wireless.
- N.º 23: Robótica y Automatización.
- N.º 24: Los informes tecnológicos en patentes.
- N.º 25: Diseño e innovación. La gestión del diseño en la empresa.
- N.º 26: Invernaderos de plástico.

DOCUMENTOS COTEC sobre NECESIDADES TECNOLÓGICAS

Documentos editados:

- N.º 1: Sector lácteo.
- N.º 2: Rocas ornamentales.
- N.º 3: Materiales de automoción.
- N.º 4: Subsector agroindustrial de origen vegetal.
- N.º 5: Industria frigorífica y medio ambiente.
- N.º 6: Nuevos productos cárnicos con bajo contenido en grasa.
- N.º 7: Productos pesqueros reestructurados.
- N.º 8: Sector de la construcción.
- N.º 9: Sector de la rehabilitación.
- N.º 10: Aguas residuales.
- N.º 11: Acuicultura.
- N.º 12: Reducción de emisiones atmosféricas industriales.
- N.º 13: El mantenimiento como gestión de valor para la empresa.
- N.º 14: Productos lácteos.
- N.º 15: Conservas vegetales.