



## Enrique Espí

**Coordinador del proyecto Cenit Mediodía que realiza un consorcio liderado por Repsol**

Enrique Espí obtuvo la Licenciatura en Ciencias Químicas y el Doctorado en Química por la Universidad del País Vasco. Desde 1992 ha trabajado en el Centro de Tecnología Repsol, donde ha desarrollado proyectos de investigación internos, nacionales e internacionales sobre materiales poliméricos, en especial para aplicaciones agrícolas, bioenergía y conversión de CO<sub>2</sub> a biomasa. Posee 7 patentes, es autor de dos libros y de más de 60 publicaciones técnicas. Desde 2007 es coordinador del proyecto Cenit Mediodía, cuyo consorcio lidera Repsol.

### TECNOLOGÍA HORTÍCOLA

## En el perfil del proyecto Mediodía hay un enfoque de invernadero factoría

La mayor parte de los sistemas que se utilizan en el proyecto van a instalarse en la finca experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas” en Almería, en Biomiva de Madrid y en el grupo AN de Navarra

¿Hacia adónde va la industria hortícola en invernaderos? El control del clima, la utilización del agua y de la fertilización y los costes del trabajo forman parte de las claves de la producción hortícola. La Horticultura tiene una extraordinaria importancia en la economía española. El tecnólogo Enrique Espí es coordinador de Proyecto de investigación Cenit Mediodía y el objeto de esta entrevista es conocer cuáles son los aspectos más innovadores de estos trabajos en los que el consorcio investigador hace una inversión de 28 millones de euros.

*Parece que en los últimos tiempos en España hay un interés por conocer mejor las actividades económicas de la Horticultura. ¿Qué es el Documento Cotec sobre invernaderos de Plástico? ¿Qué son los proyectos Cenit y, en concreto, el proyecto que Ud coordina, el Cenit Mediodía?*

Tanto el documento Cotec como el proyecto Mediodía son dos iniciativas que responden a la necesidad de la incorporación de nuevas tecnologías al sector de la agricultura bajo plástico en España.

La fundación Cotec ha publicado recientemente un informe de oportunidades tecnológicas sobre el invernadero de plástico, en el que he tenido el placer de colaborar. Estos documentos son soportes de sensibilización que pretenden dar a conocer tecnologías y servicios tecnológicos que son de aplicación a amplios sectores de actividad. En este caso, se ha tratado el sector del invernadero de plástico y se ha repasado el estado de la

tecnología actual, así como las oportunidades que se presentan tanto en materiales, sistemas eléctricos, biológicos y mecánicos para las aplicaciones actuales, como en nuevas aplicaciones de los invernaderos de plástico, en acuicultura, cultivos energéticos, biominería, etc. En la elaboración del documento participó un panel de expertos tanto de la industria como de la academia y la administración.

El Programa CENIT, del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), cuyas siglas corresponden a “Consortios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica”, contempla la financiación de grandes proyectos integrados de investigación industrial de carácter estratégico para el país. Estos proyectos se desarrollan en consorcios de empresas y tienen una importante participación de universidades y centros de investigación, a través de contratos de colaboración. En la segunda convocatoria CENIT (2007-2010), se aprobó el proyecto Mediodía, acrónimo de “Multiplicación de Esfuerzos para el Diseño, Investigación, Optimización y Desarrollo de Invernaderos Avanzados”.

*¿En qué se centran las investigaciones durante estos 3 años del Cenit Mediodía? ¿Energía, agua y costes de trabajo? ¿Dónde realizan Uds los trabajos prácticos de sus investigaciones, cuáles son los escenarios donde hacen las experiencias los socios del proyecto?*

El proyecto cubre casi todos los aspectos del sistema productivo en invernadero: desde las



estructuras, sistemas y materiales, el suministro de energía y agua renovables y el tratamiento de productos y residuos y se ha dividido en siete actividades.

Estructuras, sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos: se han agrupado en esta actividad las líneas de trabajo relacionadas con el desarrollo de un invernadero altamente automatizado, con nuevas estructuras y sistemas de climatización, y eficiente en el consumo de energía y agua. En esta línea, se va a acometer el desarrollo de innovadores sistemas de refrigeración y calefacción del invernadero, alimentados por energía solar, nuevas estructuras de invernadero con cubiertas móviles que permiten una climatización óptima, sistemas logísticos para el movimiento automatizado de las plantas y un sistema de monitorización y control global del invernadero.

También se contempla la investigación de nuevos materiales; por un lado, para las cubiertas que consigan diferentes efectos a través del uso de nanotecnologías y funcionalización de polímeros; por otro, nuevas tecnologías solares fotovoltaicas basadas en la utilización de células poliméricas e híbrido-orgánicas, con el fin último de integrarlas en la cubierta del invernadero. Por último, se incluye en esta actividad el desarrollo de materiales poliméricos como sustratos para cultivos hidropónicos.

Se trabajará así mismo sobre sistemas biológicos auxiliares con una doble finalidad: investigar el uso de biopolinizadores en invernaderos, y desarrollar programas de control integrado de plagas en cultivos hortícolas y ornamentales.

Las principales líneas de trabajo en lo que se refiere a productos serán, por un lado, el



“El proyecto Mediodía repasa el estado de la tecnología actual del sector de los invernaderos de plástico, y las oportunidades que se presentan en materiales, sistemas eléctricos, biológicos y mecánicos,”

Las imágenes utilizadas en la ilustración del perfil del Proyecto Mediodía que en la entrevista explica Enrique Espín son detalles de algunos de los ensayos del proyecto.

desarrollo de nuevos sistemas de clasificación, procesado, envasado y trazabilidad de los productos, y por otro el desarrollo de nuevas condiciones de envasado y procesos postcosecha para la optimización de la conservación del producto.

En cuanto a los coproductos y residuos, se pretende buscar sistemas novedosos de gestión y revalorización de los mismos, especialmente los residuos plásticos y vegetales. Uno de los conceptos fundamentales del proyecto Mediodía es el de “Invernadero Sostenible”, por lo que una parte muy importante de las líneas de trabajo a acometer por el consorcio irá enfocada a conseguir este objetivo. Por ello, en el área denominada *Suministros renovables centralizados* se van a investigar sistemas de energías renovables para cubrir las necesidades energéticas de climatización, electricidad de proceso y control de un polígono de invernaderos, de manera centralizada y distribuida. También se llevarán a cabo los trabajos de investigación necesarios para garantizar el suministro de agua de calidad al invernadero a partir de distintas fuentes (agua de pozo, de mar o procedente de reutilización) y se desarrollarán los sistemas de gestión y control del abastecimiento energético y de agua del invernadero.

Finalmente, se ha contemplado en el proyecto una actividad transversal cuya finalidad es por un lado validar la aplicabilidad real de algunas de las nuevas tecnologías obtenidas por el consorcio a lo largo del proyecto, y por otro *adaptar las mismas a diferentes climas y cultivos propios de las zonas agrícolas más importantes de España*. Para ello se realizarán trabajos en 3 ámbitos: cultivos hortícolas en clima mediterráneo, cultivos hortícolas en el Valle del Ebro y cultivos ornamentales en clima continental.

En la horticultura actual, ¿evolucionamos hacia la automatización de los procesos? ¿Al productor le es posible, a la vez fácil, conocer los factores de rendimiento; cómo se comporta una planta, por ejemplo, de tomate en invierno y en verano, o los que afectan al



crecimiento de unos geranios, o qué se necesita para producir en condiciones mediterráneas fresas extradulces en Navidad?

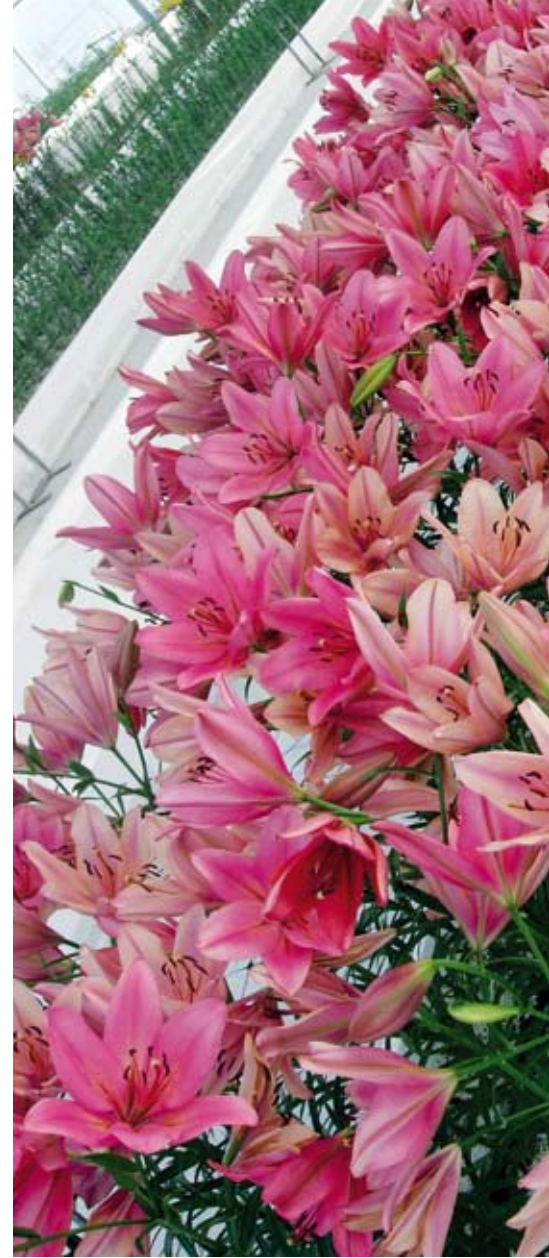
Efectivamente, el proyecto Mediodía apuesta por un sistema productivo con una menor dependencia de mano de obra poco cualificada y una automatización de procesos, para lo que se necesitará una mayor especialización de los trabajadores. Trabajamos con un enfoque de “invernadero factoría” en el que las plantas se desplazan mediante un sistema logístico integrado desde la zona de crecimiento, donde reciben la luz, el CO<sub>2</sub>, el agua y los nutrientes, hasta la zona de procesado, donde se llevan a cabo las tareas de siembra, poda, cosechado, etc. mediante sistemas automáticos o manuales. El ambiente de la zona de procesado siempre tendrá la humedad y temperatura controladas y estará libre de agroquímicos, lo que mejorará radicalmente la ergonomía de los trabajadores.

En cuanto a los sistemas de control, en otra de las actividades se están desarrollando sistemas de sensores “sobre planta” con los

que se controlarán las necesidades de la misma en cuanto a calor o riego, el tamaño y la maduración del fruto, en lugar de hacerlo mediante parámetros ambientales, que no dejan de ser indicadores indirectos de la situación del cultivo.

En muchos países hay tecnología disponible para ser muy eficaces en la producción de frutas y hortalizas. En invernaderos hay casos de producciones de 100 kilos de tomates por metro cuadrado; en el norte de Méjico algunos cultivadores bajo plástico tienen cosechas de 30 kilos y en cambio en otras regiones del mundo los avances de productividad son más bajos y la mejora más lenta. Sin embargo, en cada caso hay factores que los hacen económicamente viables para el productor. Por un lado están los factores de tecnología y por otros, la relación entre el cultivo y el clima, o los aspectos económicos de la poscosecha, la distribución y venta. El Proyecto Cenit Mediodía ¿cómo está estructurado?

¿Es un proyecto de investigación básica para



descubrir en la práctica cómo avanzar en el futuro, o los socios del proyecto ofrecerán pronto resultados a los cultivadores? ¿Cuáles son las fases del proyecto Mediodía?

Es cierto, la situación y las necesidades tecnológicas de un invernadero son muy diferentes dependiendo del cultivo, la situación geográfica y el entorno, por el eso el consorcio del proyecto Mediodía está compuesto por dos tipos de empresas. Por un lado están los “desarrolladores” de tecnologías, que realizan la investigación y el desarrollo de sistemas y materiales y, por otro, están los “integradores” de estos sistemas, que son los encargados de aplicar y adaptar estos desarrollos a situaciones concretas. En este último grupo contamos con la Fundación Cajamar, que llevará a cabo la adaptación para los cultivos hortícolas típicos del sur español en Almería; con Biomiva, que lo hará para cultivos ornamentales en un clima con-



“ El proyecto trata de casi todos los aspectos del sistema productivo en invernadero: desde las estructuras y materiales, el suministro de energía y agua renovables y el tratamiento de productos y residuos,”



Banquetas con liliun en ensayos de control de clima.

tinental como el de Madrid; y con el grupo AN, que lo hará para cultivos hortícolas, fundamentalmente de hoja, en la zona del valle del Ebro, en Navarra.

**El gran modernizador de la horticultura son las aplicaciones de los plásticos. El invernadero ha cambiado los conceptos para producir frutas, hortalizas y de muchas plantas de vivero. Ud es un investigador de materiales plásticos en Repsol YPF ¿Cómo se están aplicando los resultados de la innovación de los plásticos para su utilización en invernaderos? ¿Qué novedades veremos próximamente?**

Dentro de Cenit Mediodía se desarrollan varias líneas de trabajo relacionadas específicamente con los materiales plásticos, entre las que merece la pena destacar:

## El proyecto de investigación Mediodía

El proyecto de investigación industrial MEDIODÍA, acrónimo de “Multiplicación de Esfuerzos para el Desarrollo, Innovación, Optimización y Diseño de Invernaderos Avanzados”, liderado por Repsol YPF, ha sido uno de los quince proyectos merecedores del apoyo del programa de Consorcios Estratégicos Nacionales de Investigación Tecnológica (CENIT) en su segunda convocatoria (2007-2010).

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), co-productos y residuos y sobre el suministro de energía y agua renovables a agrupaciones de invernaderos.

En MEDIODÍA participan, además de Repsol YPF, empresas líderes en sus sectores como: Acciona Solar, Acciona Agua, Ulma Agrícola, Ulma Handling Systems, Ulma Packaging, Ingeteam, Agrobío, Biomiva, Grupo AN y Fundación Cajamar.

Buena parte de las actividades del proyecto serán realizadas por organismos de investigación como: las Universidades de Almería, de Barcelona, de Mondragón, del País Vasco, Autónoma de Madrid, Politécnica de Madrid, Politécnica de Cartagena, Politécnica de Valencia, Pública de Navarra, Rey Juan Carlos y Rovira i Virgili; los Centros Tecnológicos Labein, Ciemat, Cener-Ciemat, Plataforma Solar de Almería-Ciemat, Cemitec, Cidemco, Robotiker e Ikerlan; los Institutos de Ciencia y Tecnología de Polímeros y de Ciencia de Materiales de Barcelona, ambos del CSIC, IFAPA de Almería, ITGA de Navarra, IRTA de Cabriels e IMIDA de Murcia, así como la Fundación Promiva.

- La investigación sobre nuevas poliolefinas con mejores propiedades mecánicas, ópticas y de fotoestabilidad como polímeros base para filmes para cubiertas de invernadero.
  - El desarrollo de nuevas formulaciones para filmes de cubierta de invernadero, por medio de la funcionalización de polímeros o del uso de nanocargas minerales, con propiedades supertérmicas, luminiscentes, fotoselectivas del infrarrojo próximo o el ultravioleta, con propiedades superficiales hidrofílicas o superhidrofóbicas y con fotoestabilizaciones de larga duración.
  - La elaboración de paquetes de software que permitan simular las propiedades de las cubiertas plásticas en función de su composición y, en función de estas propiedades, simular el clima del invernadero.
  - La investigación en nuevos materiales para sustratos para cultivos sin suelo (semihidropónicos) a partir de polímeros vírgenes o reciclados y cargas minerales.
  - El desarrollo de nuevas tecnologías para paneles solares fotovoltaicos a partir de células poliméricas e híbrido-orgánicas, para el suministro de energía renovable al invernadero.
  - La investigación en materiales poliméricos orgánicos e híbridos orgánicos/inorgánicos para membranas semipermeables para el tratamiento de aguas recicladas o procedentes de pozo o del mar, para el suministro de agua renovable al invernadero.
- Según una reciente entrevista en estas mismas páginas a un destacado ejecutivo de una empresa de transformación de plásticos, lo que quiere el agricultor es que el plástico le dure más tiempo. ¿Cuáles son los factores de este debate? ¿El plástico de mayor duración va a significar siempre mayor precio?



Programas de cultivos diferentes en invernaderos de cubiertas de plástico con características específicas.

Existen factores que hacen deseables los plásticos de mayor duración: sustituciones menos frecuentes, menor cantidad de residuos, etc. pero, por otro lado, las duraciones largas van acompañadas de un deterioro de propiedades, especialmente ópticas, pero también superficiales, como el efecto antigoteo, por lo que la duración del plástico debe ser un compromiso entre estas dos tendencias. Dentro del proyecto Mediodía se está trabajando con nuevos polímeros base, nuevos aditivos fotoestabilizantes y sistemas de funcionalización del plástico que permitirán mejorar el balance duración-propiedades siempre buscando una ventaja económica para el agricultor.

En España en general hay mucho interés por las energías renovables. A los espacios dedicados a la producción de energía en placas solares les llaman “huertos”. La horticultura en general ocupa grandes espacios, la horticultura genera bastante actividad económica y su tecnificación requiere consumos crecientes de energía, por ejemplo para refrigerar o calentar los invernaderos. Las tecnologías en desarrollo que realizan en Mediodía ¿permitirán a las empresas hortícolas hacer planes para balances energéticos igual a cero?

El proyecto se ha planteado en dos escenarios o escalas: el invernadero individual de 1ha de superficie y el “polígono de invernaderos” de 50 ha de extensión. Para cada uno de ellos se ha tratado de dar solución a los suministros energéticos y de agua de forma que lleguen a ser lo más autosuficiente posible, aunque no se ha planteado que estén completamente aislados, ya que esto haría

necesario un sobredimensionamiento de las instalaciones solares que las haría económicamente inviables.

El objetivo es llegar al máximo de renovables pero esto, en el caso del suministro energético lleva a optimizar el reparto de la energía solar incidente sobre un terreno entre la dedicada directamente a la producción agrícola, a través de la fotosíntesis, y la dedicada a la producción energética (calor y electricidad) para el funcionamiento del invernadero. Este “reparto de fotones” se ha planteado en varios escenarios: reparto en función de la longitud de onda, reparto de la superficie de captación y reparto del tiempo de captación. Probablemente el óptimo económico de este reparto sea diferente en función del tipo de cultivo y de la situación geográfica, e incluso la estrategia de reparto tenga que ser diferente, pero el objetivo es que en cualquier caso la tasa de autosuficiencia o de cobertura con suministros renovables sea cercana al 100%.



“ Se investigan los sistemas de energías renovables para cubrir las necesidades energéticas de climatización, electricidad de proceso y control de un polígono de invernaderos, de manera centralizada, ”

Los socios del Proyecto Mediodía, ¿tienen propuestas para refrigerar y calentar los invernaderos de plástico?

¿Cómo hay que ventilar un invernadero?: ¿solo con ventanas cenitales o también con ventilación en laterales? ¿Las ventanas de cara al viento o a sotavento?

Dentro del proyecto se están desarrollando sistemas de generación de calor y frío (con



“ Los trabajos abarcan 3 ámbitos: cultivos hortícolas en clima mediterráneo, cultivos hortícolas en el Valle del Ebro y cultivos ornamentales en clima continental ”

energía solar térmica y sistemas de ciclo de absorción agua/BrLi) y de acumulación (con materiales de cambio de fase, PCM, y sistemas geotérmicos) que están en diferentes fases de desarrollo.

También se está estudiando la climatización a través de ventilación, con herramientas como la Dinámica Computacional de Fluidos (CFD), pero me temo que la respuesta debe ser individualizada para cada invernadero dependiendo de la estructura, situación geográfica y de otras variables del entorno. Sobre este tema son especialmente interesantes las simulaciones que se están desarrollando en el IRTA sobre las estrategias de ventilación que comentas: combinación de ventanas cenitales y laterales, así como de elementos deflectores, tanto para invernaderos aislados como para agrupaciones de invernaderos, en los que la distancia de separación y la estrategia de ventilación debe ser

estudiada conjuntamente. También se han estudiado por CFD la combinación de diferentes estructuras y estrategias de ventilación con materiales de cubierta con distintas propiedades ópticas, especialmente filtros del infrarrojo próximo que evitan el sobrecalentamiento diurno. Estos sistemas se están estudiando tanto en el sur de España como en zonas tropicales de Colombia y los resultados están siendo muy interesantes.

**¿Cuáles son y en qué fases se encuentran los paquetes de trabajo que tienen establecidos los socios del proyecto?**

Durante los años 2007 y 2008 la actividad del proyecto se ha centrado en los socios desarrolladores de tecnología para el invernadero y ha sido un trabajo esencialmente “oscuro”, con desarrollos tanto internos de cada una de las compañías, como de las universidades y centros con los que colaboran. A

Un aspecto de uno de los invernaderos de plástico de los utilizados en el proyecto Mediodía en un paraje nevado.

partir del tercer año de proyecto, están entrando más en juego los socios “integradores” de tecnologías, los encargados de llevarlas a la práctica y aplicarlas en cultivos y situaciones reales. A finales de 2009 o principios de 2010 ya se empezarán a ver en las fincas de estos socios los sistemas experimentales desarrollados en el proyecto. La mayor parte de los sistemas se van a instalar en la finca experimental de la Fundación Cajamar “Las Palmerillas”. Allí podremos ver las nuevas cubiertas enrollables, el sistema automático de movimiento de plantas, el de envasado robotizado, nuevos materiales de cubierta y para sustratos así como los sistemas solar fotovoltaico y de tratamiento de aguas. En las instalaciones de Biomiva en Madrid y del grupo AN en Navarra también se podrán ver algunos de estos sistemas adaptados específicamente a su entorno, como diferentes plásticos de cubierta o sistemas de tratamiento de aguas o de control de plagas.

<http://www.fundacioncajamar.com/>

**Redacción**  
ppt@ediho.es