

# INVERNADEROS AUTOMATIZADOS: EL FUTURO DE LA AGRICULTURA

**El grupo de investigación ARM de la Universidad de Almería tiene en marcha varios proyectos que buscan un funcionamiento conectado, sostenible y autónomo de los invernaderos.**

MIGUEL BLANCO  
FOTOS: ARM

**C**uando haga frío, ajustará la calefacción para regular la temperatura; si llueve, activará los sistemas para eliminar el exceso de humedad; cuando la cosecha esté lista, robots seguirán a los agricultores, que irán colocando sobre las máquinas los productos para que los transporten, una vez llenas, hasta el lugar de descarga. Todo ello, recopilando todo tipo de datos y cruzándolos en una plataforma en la nube que permitirá que estos procesos se lleven a cabo de forma autónoma, sin intervención humana. Así son los invernaderos del futuro que está diseñando el grupo de investigación Automática, Robótica y Mecatrónica (ARM) de la Universidad de Almería.

La iniciativa, más compleja, consta de varios proyectos de investigación que se están desarrollando en paralelo. Por un lado, está la construcción de un invernadero totalmente tecnificado, con todo tipo de sensores y sistemas de control y apoyado por energías renovables que se utilizan en la producción de electricidad, calor y frío de proceso y desalación de agua. Y luego están los proyectos que están experimentando en este invernadero las distintas posibilidades que las nuevas tecnologías, la inteligencia artificial, la robótica y el internet de las cosas ofrece al ámbito de la producción agraria.

## AGROCONNECT

El proyecto con el que se ha implementado este invernadero tecnificado se llama Agroconnect. Su objetivo es lograr una agricultura

sostenible, conectada y autónoma, que no necesite intervención del agricultor. Entre su amplio equipamiento, cuenta con "un sistema de riego, destilación por membranas y ósmosis para aprovechar el agua del mar, también energía solar fotovoltaica para los requerimientos de electricidad, una bomba de calor y una caldera de biomasa para aprovechar los residuos del invernadero para producir calor y CO<sub>2</sub>", explica Jorge Sánchez, investigador principal del proyecto junto al director del grupo ARM, Manuel Berenguel, y responsable de la instalación.

La producción de CO<sub>2</sub> responde a un sistema patentado por el grupo, con el que se almacena este gas en carbón activo y se utiliza para aumentar la fotosíntesis. "Así se produce más, en menos tiempo y con más calidad", cuenta el investigador. El invernadero, de 2.000 metros cuadrados, cuenta también con sistemas de humidificación, deshumidificación, luz artificial y nueve estaciones meteorológicas, dentro y fuera del recinto. "Está dividido en dos sectores para hacer las pruebas", dice Sánchez, que asegura que tienen "casi toda la tecnología que se puede tener en un invernadero".

Ahora mismo hay nueve proyectos trabajando en este invernadero. Tres de los más relevantes son Cybergreen, dedicado a implementar la parte autónoma del invernadero; Agrobiot, con el que se busca diseñar un flota de robots colaborativos que se encarguen del transporte de los productos dentro del invernadero, así como de recopilar los datos que

emiten los distintos sensores instalados; y NEGHTRA, con el que se está desarrollando una plataforma educativa europea para formar a ingenieros, técnicos y agricultores en este tipo de tecnologías.

## CYBERGREEN

El proyecto Cybergreen, que acaba de arrancar en septiembre y se prolongará hasta agosto de 2025, busca "controlar todo el equipamiento que se ha instalado" en el invernadero de Agroconnect, explica Jorge Sánchez, que es también el investigador principal, junto a Antonio Giménez, de Cybergreen. Cada elemento de tecnología, desde el riego al deshumidificador, tiene su propio controlador, el algoritmo que lee los datos de un sensor, los compara con una consigna previa, que es lo que se quiere conseguir, y actúa en consecuencia de forma autónoma. Es, como recuerda Sánchez, el sistema que consigue que la velocidad de crucero de un coche se mantenga fija.

"Hay un controlador que se dedica a que las ventanas funcionen para regular la temperatura, otro para que el deshumidificador funcione para regular la humedad, lo mismo con la calefacción, y todo ello de forma autónoma", detalla el investigador. "Nosotros nos dedicamos a diseñar esos controladores para mejorar la eficiencia del equipamiento. Por ejemplo, que mantenga la temperatura a 20°C sin estar abriendo y cerrando la ventana a golpes, sino haciéndolo de la manera más eficiente posible y con el menor consumo eléctrico en este caso", añade.



Arriba, robot colaborativo del proyecto Agricobiot 1. A la derecha, equipo de investigadores del grupo ARM dedicados a los proyectos Agroconnect, Cybergreen, Agricobiot y NEGHTRA. En la página anterior, invernadero tecnificado en el proyecto Agroconnect.



## NEGHTRA: proyecto educativo europeo sobre tecnología de invernaderos

A la hora de universalizar los invernaderos automatizados, es fundamental la formación de ingenieros, técnicos y agricultores en las tecnologías implicadas en esos procesos. Así ha nacido Neghra, un proyecto europeo de formación, dentro de Erasmus+, en el que participa el grupo ARM. Neghra trata sobre “conocimiento en tecnología de invernaderos del tipo mediterráneo”, explica **Francisco Rodríguez**, responsable del proyecto en la Universidad de Almería. Participan 16 entidades europeas, entre ellas organismos de Portugal, España, Francia, Italia, Grecia, Eslovenia y Chipre. Su objetivo es “localizar las necesidades de formación de agricultores, intermediarios como técnicos, agricultores de las cooperativas y estudiantes de FP y Universidad”. Se están desarrollando dos niveles, uno para universitarios y técnicos, y otro para agricultores y estudiantes de FP.

“En una primera fase se han localizado las necesidades que cada sector ha comentado, en todos los países”, cuenta Rodríguez. Esas necesidades formativas varían sobre todo en los niveles; por ejemplo, los técnicos solicitan un tipo de formación diferente que los agricultores. Sin embargo, entre países apenas se han dado diferencias. A partir de esas necesidades se ha elaborado una serie de cursos. El grupo ARM ha preparado los de ‘Control y Robótica’, ‘Control de Clima de Invernaderos’ y ‘Digitalización de Procesos en el Interior de Invernaderos’. Ahora mismo, los cursos los están revisando asociaciones de agricultores de Italia y de Francia.

A finales de 2023, cuando finalice el proyecto, “habrá una plataforma europea donde te podrás matricular de forma gratuita en el curso que te interese”. Estos cursos se desarrollan mediante vídeos y la idea es que sean abiertos, con herramientas de tecnologías de la información e interactivas e incluso virtuales. El alumno que quiera realizar ensayos con datos reales, tendrá acceso a los que se están recopilando en el invernadero del proyecto Agroconnect.

Sobre estos controladores hay una capa superior de optimizadores, que son otros controladores que deciden cuándo tienen que funcionar los de la capa de abajo y que se ejecutan en la nube. En la nube también se ubica “una serie de modelos que estiman lo que va a pasar en el sistema en el futuro, en una semana o un mes, por ejemplo, para ayudar a la toma de decisiones”, detalla Sánchez. Así, explica, “si sé qué va a pasar en mi invernadero dentro de un mes, el clima y lo que va a crecer el cultivo, se puede planificar la producción y también puedo hacer que el sistema decida comportarse de una forma o de otra”. Por ejemplo, si está previsto que llueva varios días, el sistema decidirá que no se necesitará tanto CO<sub>2</sub> pero sí más deshumidificación, y contará con que los paneles solares no estarán operativos.

Asimismo, añade el investigador, “se pueden tomar decisiones como subir la calefacción para aumentar la producción porque prediga que van a subir los precios”. Esta predicción de precios “se hace con modelos creados por nosotros, con inteligencia artificial”. En esta misma línea, toda la información que se recopila en el invernadero se podrá utilizar para darle consignas al agricultor o para que el sistema funcione de forma autónoma.

### AGRICOBOT

La robótica es otro de los campos en los que trabaja el grupo de investigación ARM. Aplicada a invernaderos, están desarrollando el proyecto Agricobiot, que consta de dos fases, ambas en marcha, que se están probando en el

invernadero de Agroconnect. Así, Agricobiot I consiste en “el diseño de una plataforma para trabajar de forma colaborativa con humanos dentro de invernaderos”, explican **José Carlos Moreno** y **Antonio Giménez**, investigadores principales del proyecto.

Esta colaboración puede darse de varias maneras, pero en este caso se está enfocando a las tareas de transporte. “El operario realiza la parte difícil, el reconocimiento y localización del fruto y recogerlo, y el robot se dedica a seguir al operario de forma segura y, cuando tiene las cajas llenas de productos, se va a descargarlos”, cuenta Moreno.

Agricobiot II da un paso más. “En lugar de una plataforma, se trata de tener una flota de robots en una explotación grande”. El reto es que los robots sigan cada uno a una persona sin estorbarse. Es decir, que “aparte de colaborar con el humano, cooperan entre sí”. Un caso sería que cuando una de las máquinas se vaya a descargar el producto, otra la sustituya, y la

primera, cuando descargue, se desplace a otra zona del invernadero.

Para esta segunda parte, “se ha diseñado y construido un robot de características similares” al que tenían en la primera fase. Este es una adaptación de un robot comercial ya existente con anterioridad. Así, además podrán “comparar cuál es el rendimiento de una de las plataformas y cuál el de la otra”, así como el coste de una plataforma adaptada frente al de una plataforma construida completamente en la UAL. Asimismo, el robot se comunica con todo el invernadero, recopila los datos enviados por los distintos sensores y los sube a la nube, a la plataforma con la que trabaja el grupo. Este proyecto está previsto que finalice en junio de 2023.

Con estos proyectos, el grupo de investigación ARM sigue dando pasos adelante hacia ese objetivo de conseguir invernaderos más sostenibles, conectados y autónomos que serán claves en la agricultura del futuro. ■