



EL NUEVO SISTEMA PERMITE APROVECHAR HASTA LA ÚLTIMA GOTA DE AGUA

Automatización y control del riego basado en el contenido de **humedad del suelo**

■ Grupo de Investigación Tecnología Agraria y Protección de Cultivos. (TAPC).

Universidad de Castilla-La Mancha.

Se ha desarrollado un sistema electrónico de automatización y control del riego que permite aportar el agua de manera que el cultivo se desarrolle entre los intervalos de máxima y mínima humedad del suelo decididos por el agricultor. Su sencillez de fabricación, su bajo coste, su fiabilidad de funcionamiento y su comodidad de instalación y manejo lo hacen interesante para que el agricultor pueda aprovechar hasta la última gota de agua.

En regiones con una irregular distribución de la pluviometría, sobre todo cuando además va acompañada de una pertinaz sequía, se hace necesario, para reducir su consumo, concienciar a la población de que el agua es un bien escaso que hay que utilizar racionalmente.

En España el notable incremento de consumo de agua, su desafortunada gestión y las circunstancias de prolongada sequía han hecho que, en algunas regiones de nuestra nación, la escasez de agua sea ya tan evidente que, si se sigue manteniendo poco tiempo más, repercutirá en las actividades que en ellas se llevan a cabo y por tanto en la economía ligada a las actividades agrarias y de servicios. Castilla-La Mancha, Murcia y Andalucía son claros ejemplos.

Tratando de colaborar en la recuperación y mantenimiento del medio natural y en el desarrollo sostenible de la agricultura mediante una utilización eficiente del agua y de aprovechar, como dice el eslogan, hasta la última gota de agua, y a sabiendas de que el regadío supone en España casi el 80% del uso del agua (Rosell, 1998), se ha desarrollado un sistema de automatización y control del riego, basa-

do en las variaciones del contenido de humedad del suelo, que permite poner en marcha y detener el riego, haciendo que el cultivo se desarrolle estrictamente entre los niveles de humedad del suelo que el agricultor considere más adecuados para lograr la máxima productividad de sus cultivos.

Conceptos previos

El suelo recibe el agua de riego y la almacena en sus poros, cediéndola a los cultivos según la necesitan.

Para calcular la cantidad de agua que requieren los cultivos, es clásico utilizar los datos climáticos de la zona que se quiere regar y las características del suelo, del agua de riego y del cultivo.

Una parte del agua aportada por el riego es retenida por el terreno, otra parte se puede perder por percolación y otra parte se puede perder por evaporación. Es precisamente el agua retenida en el volumen de suelo que exploran las raíces, la que absorben las plantas para cubrir sus necesidades.

La capacidad de captación de agua de las plantas está influida por el tipo de suelo, por su contenido de agua y por su salinidad, de forma que en un determinado tipo de suelo una menor humedad y una mayor concentración de sales producen mayor dificultad para que las plantas puedan absorber agua y, con ella, los nutrientes que necesitan, lo que, evidentemente, influye en su potencial productivo.

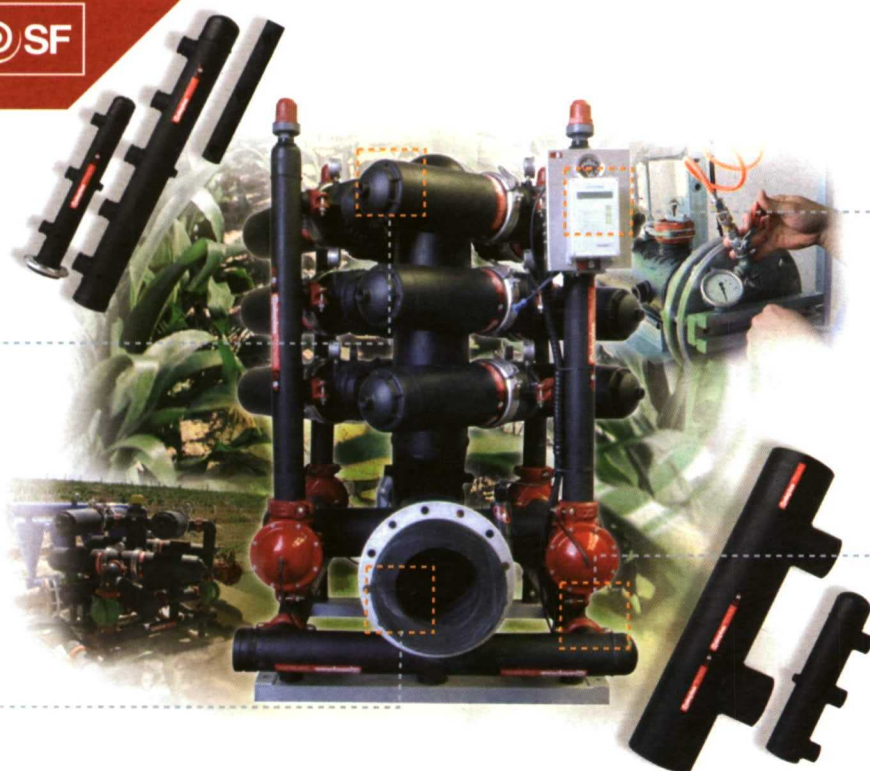
Para medir la succión que deben realizar las plantas para absorber el agua del suelo, se pueden utilizar los tensiómetros. Estos apa-

El tensiómetro se ha construido utilizando un tubo de cobre en uno de cuyos extremos se ha colocado una cápsula de arcilla. En el otro extremo se ha montado un tapón de silicona que ajusta con un microtubo de vidrio que conecta el interior con una cápsula llena de mercurio

ratos consisten en un tubo lleno de agua, conectado por un extremo a una cápsula porosa de cerámica y por el otro a un manómetro (vacuómetro). La cápsula se introduce en el suelo, a la profundidad que se considera mejor explorada por las raíces, y permite conocer el grado de succión que deben realizar las plantas para absorber el agua (menor humedad y mayor salinidad implican mayor necesidad de succión).

Tensiómetro construido

El tensiómetro se ha construido utilizando un tubo de cobre en uno de cuyos extremos se ha colocado una cápsula de arcilla. En el otro extremo, en lugar de un manómetro, se ha montado un tapón de ▶



Tecnología



Calidad



Innovación



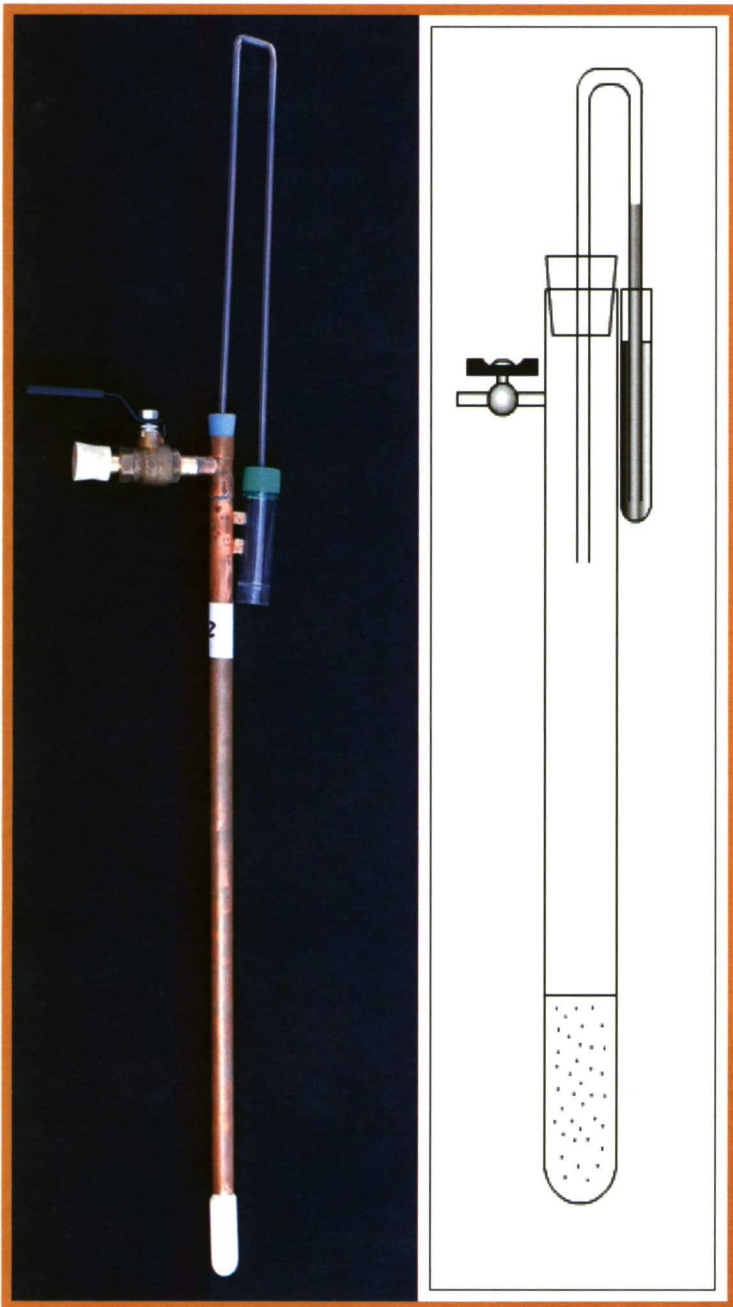
Servicio



diseñamos **soluciones**

Figura 1.

Tensiómetro de mercurio.



silicona que ajusta fuertemente con un microtubo de vidrio que conecta el interior del tensiómetro con una cápsula llena de mercurio colocada en el lateral del tubo de cobre. Todo ello según se presenta en la **figura 1**.

Para facilitar la operación de llenado con agua destilada, lo cual debe realizarse con cierta frecuencia, se le ha colocado lateralmente una válvula de esfera.

A medida que se va secando el suelo en contacto con la cápsula semiporosa de cerámica, el mercurio de la cápsula va subiendo por el microtubo de vidrio y llega a más altura cuanto más seco esté el suelo.

Para automatizar la puesta en funcionamiento y la detención del riego entre los niveles de humedad del suelo establecidos como máximo y como mínimo, se han construido unos sensores que se sitúan en el microtubo de vidrio del tensiómetro y permiten detectar la posición del mercurio. Estos sensores constan de una cápsula cons-

truida de aluminio, perforada en su centro para que, por el orificio, pase el microtubo de cristal y lleva en sus laterales sendas perforaciones en las que se alojan respectivamente un emisor y un receptor de luz. Las dos perforaciones se han comunicado con un micro-orificio que permite que pase el haz de luz. Al secarse el suelo y subir el mercurio por el microtubo de vidrio, interrumpe el paso de dicho haz de luz, lo que capta el receptor y se utiliza como señal eléctrica que debidamente amplificada, permite poner en funcionamiento el riego.

Para dar estanquidad a los sensores y hacer que queden fijos en las dos posiciones que deben ocupar en el microtubo de vidrio se utilizan arandelas de caucho (**figura 2**).

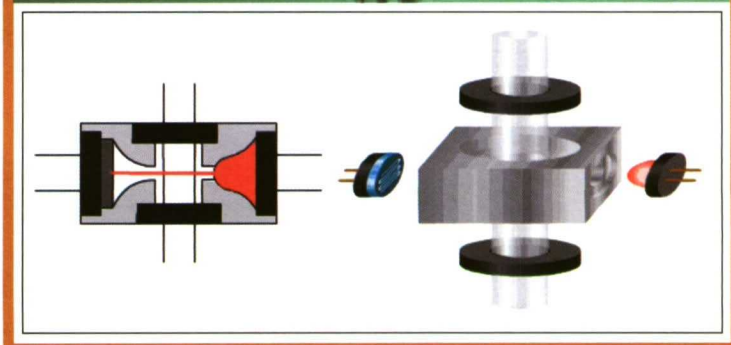
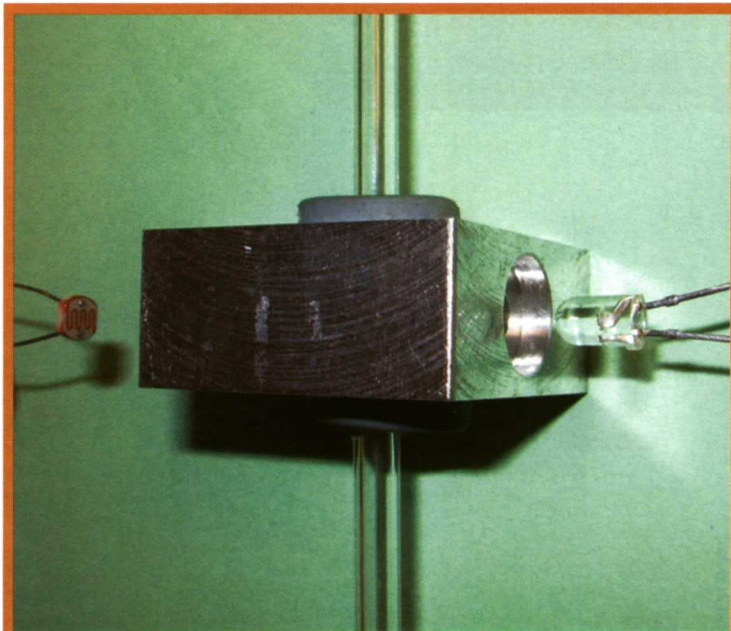
Cada tensiómetro lleva dos sensores, uno para detectar la máxima humedad permitida en el suelo que, cuando se alcanza, detiene el riego, y otro para detectar la mínima humedad permitida en el suelo que, cuando se llega a ella, pone el riego en funcionamiento (**figura 3**).

Se ha desarrollado un circuito electrónico muy simple y económico que permite utilizar las señales de los dos sensores para, de forma totalmente automática, poner el riego en funcionamiento cuando el suelo se seca y su humedad llega al mínimo valor permitido y mantenerlo funcionando hasta que en el suelo se alcanza la máxima humedad prevista.

Para evitar la incomodidad que supondría llevar mediante el cableado necesario la señal eléctrica generada en el tensiómetro hasta el contactor de potencia situado en la estación de bombeo, se utiliza un emisor de radiofrecuencia que envía la señal a un receptor

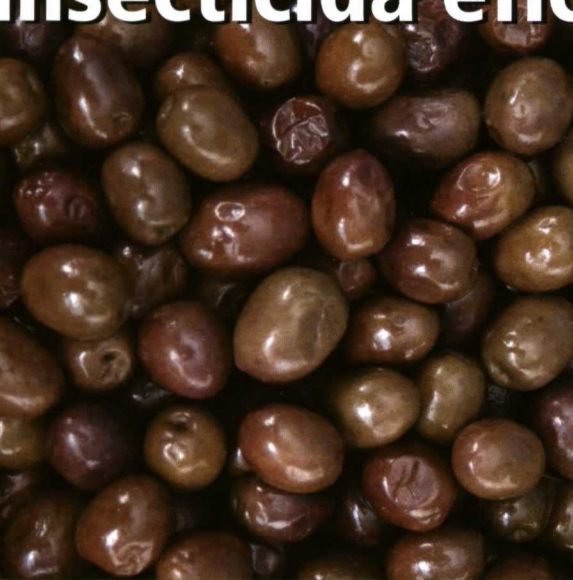
Figura 2.

Sensor desarrollado.





El insecticida eficaz



RÁPIDA ACCIÓN • PERSISTENCIA • REDUCIDOS NIVELES DE RESÍDUOS • EFICACIA CONTRASTADA • BUEN PERFIL ECOTOXICOLÓGICO • MENORES DOSIS DE APLICACIÓN

EFICACIA EN MICROESFERAS

KARATE CON TECNOLOGÍA **ZEON**

Su mejor defensa contra las plagas del olivar

syngenta®

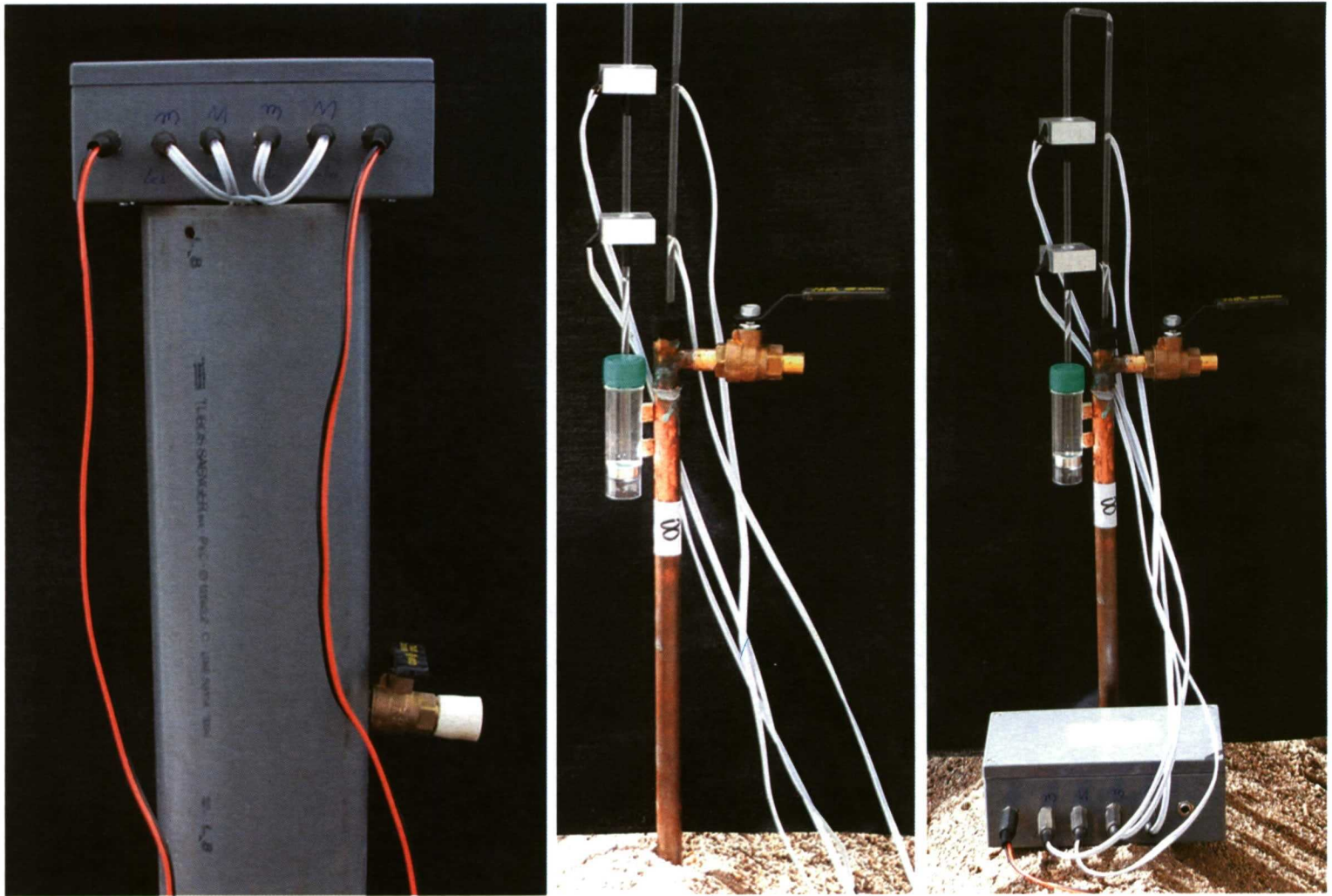


Foto 1. Detalles de tensiómetro construido, puesto en el terreno y protegido.

que se encarga de poner en funcionamiento el riego (**foto 1**).

Como el circuito diseñado tiene un consumo muy reducido, para evitar el cableado necesario para su alimentación, se puede utilizar un pequeño panel fotovoltaico y una batería. Esta instalación debe

estar dotada de regulador de carga con protección contra inversión de corriente. El conjunto es de fácil adquisición y reducido precio.

El circuito se montó sobre una placa de baquelita según se muestra en la **foto 2**.

Foto 2. Detalle del circuito montado sobre placa de baquelita.



Ensayo del sistema

El sistema desarrollado se ensayó a la intemperie situando la cápsula de arcilla de dos tensiómetros a una profundidad de 35 cm en sendas probetas de acero de 65 cm de longitud y 10 cm de diámetro, las cuales se utilizaron para obtener muestras de suelo en las que se determinaron las alturas alcanzadas por el mercurio para diferentes niveles de humedad del suelo.

Para obtener el contenido de humedad del suelo, las probetas llenas de suelo completamente secas, se pesaron y, a continuación, se saturaron de agua por inmersión prolongada en un recipiente con agua. Una vez que las muestras de suelo contenidas en las probetas estaban sobresa-

TRADECORP

DIVISION ESPAÑA

EP-150806-V1



FUNGICIDAS CÚPRICOS DE MÁXIMA CALIDAD PARA SU OLIVAR

CUPER[®]-70 Flow

Cobre 70% p/v (700 g/L)



CUPRITAL[®] SUPER

Cobre 30% p/p + Mancozeb 20% p/p
6% p/p de Complejo de Acción Biológica



DROXICUPER[®] - 50

Hidróxido cúprico
Cobre 50% p/p

CUPROTEC[®] 50

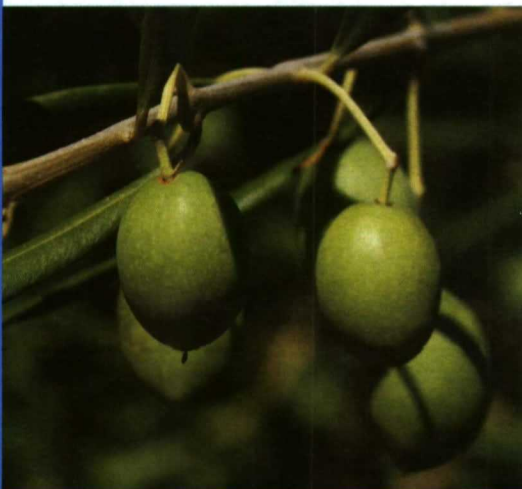
Oxícloruro de Cobre
Cobre 50% p/p

CUPROTEC[®] Bordelés

Sulfato cuprocálcico 80% p/p
Cobre 20% p/p

Cuper Rojo-50

Óxido cuproso
Cobre 50% p/p



- EXCELENTE MICRONIZACIÓN Y FINURA
- GRAN PODER DE RECUBRIMIENTO
- FUERTE ADHERENCIA VEGETAL
- RESISTENCIA AL LAVADO POR LAS LLUVIAS
- GRAN EFICACIA Y PERSISTENCIA DE PROTECCIÓN

Figura 3.

Esquema de tensiómetro de mercurio y sensores electrónicos.

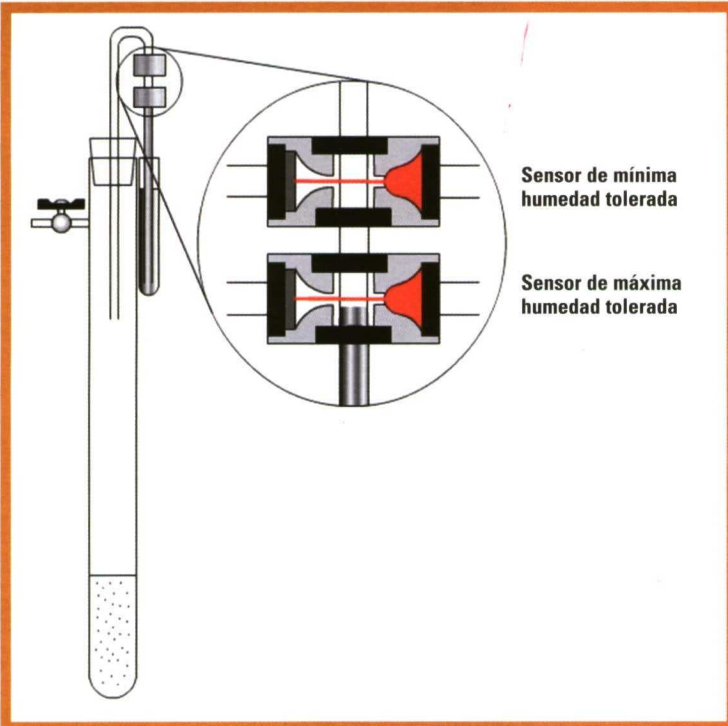
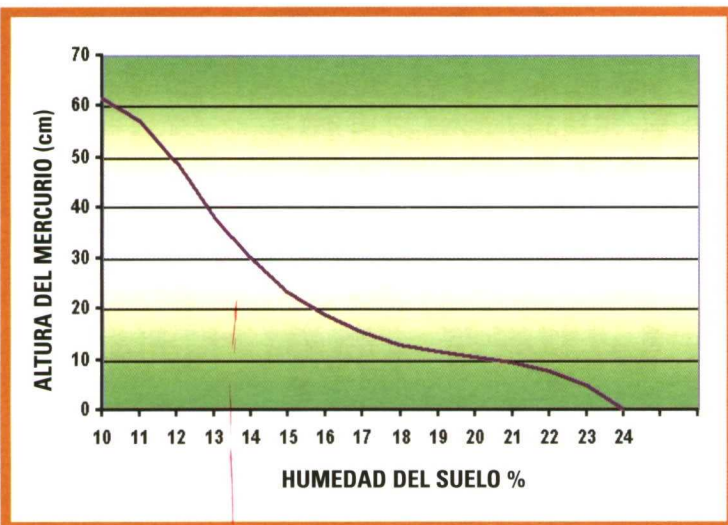


Figura 4.

Curva de altura alcanzada por el mercurio en función de la humedad del suelo



turadas de humedad, se dejaron reposar hasta que dejaron de gotear y se volvieron a pesar. A continuación, a medida que el agua se iba evaporando, se medían los valores del peso de las probetas para calcular los porcentajes de humedad del suelo y se medían las alturas correspondientes alcanzadas por el mercurio. Los valores obtenidos fueron los que se presentan en la **figura 4**.

La curva obtenida permite situar los sensores en el microtubo de vidrio del tensiómetro en las posiciones que hagan que en el suelo la humedad varíe entre los límites deseados. En los ensayos realizados se consideraron ambos límites del 21 y del 16%, que corresponden a alturas de elevación del mercurio de 9 y 16,5 cm respectivamente.



Cada tensiómetro lleva dos sensores, uno para detectar la máxima humedad permitida en el suelo que, cuando se alcanza, detiene el riego, y otro para detectar la mínima humedad permitida en el suelo que, cuando se llega a ella, pone el riego en funcionamiento

Resultados

Durante el verano de 2006 (junio, julio y agosto) el sistema estuvo funcionando sin problemas. La única atención que necesitó fue rellenar con agua destilada el tubo del tensiómetro, lo cual, gracias a la válvula de la que se dotó al modelo construido se hace con gran comodidad.

Conclusiones

Se trata de un sistema económico, fiable y duradero, que permite regar aportando exactamente la cantidad de agua requerida por el cultivo ha sido desarrollado.

Los elementos necesarios para su fabricación son de bajo coste, fácilmente asequibles y no exige una especial preparación ni para su fabricación ni para su utilización. ■

Nota de los autores:

El sistema desarrollado ha sido patentado y una animación en flash del mismo puede verse en la página web: www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano

El grupo de investigación TAPC está formado por: Andrés Porras-Piedra, María Luisa Soriano-Martín, Ignacio Marcilla-Goldaracena, Andrés Porras-Soriano, Manuel León-Egido, Caridad Pérez de los Reyes, Santiago Sánchez-Crespo, Manuel Tarifa-Crespo, Ángel Redondo-García y Ana María Marcilla-Goldaracena.

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la subvención que les ha permitido realizar este trabajo.

Bibliografía

Brophy, J.J. (1979). *Electrónica fundamental para científicos*. Editorial Reverte S.A. ISBN 84-291-3421-2.

Granados, F.; Pimentel, H. (2000). *Sistemas de riego*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. ISBN 84-380-0162-9

Hambley, A. R. (2001). *Electrónica*. Editorial Prentice Hall. ISBN 84-205-2999-0.

Martín de Santaolalla Mañas; F., De Juan Valero, J.A. (1993). *Agronomía del riego*. UCLM-Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-425-5.

Palz W. (1980). *Electrónica solar*. Editorial Blume. ISBN 84-7031-056-9.

Rosell Foxá J. (1998). *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible del Alto Guadiana*. Ministerio de Medio Ambiente.

Tarjuelo Martín-Benito, J.M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-8476-225-4.