

## INFORME ANUAL DE RESULTADOS

# PARCELAS DEMOSTRATIVAS DE PRÁCTICAS QUE PERMITEN OPTIMIZAR LA FERTIRRIGACIÓN EN EL CAMPO DE CARTAGENA EN CUMPLIMIENTO DE LA LEY 3/2020 DE RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DEL MAR MENOR.

AÑO: 2021

CÓDIGO PROYECTO: 21CTP1\_1

Área:	FERTIRRIGACIÓN
Ubicación:	Torre-Pacheco (Murcia)
Coordinación:	Joaquín Navarro, CIFEA Torre Pacheco
Autores:	José Banegas, Plácido Varó y José Méndez, CIFEA Torre Pacheco
Duración:	Enero-Diciembre 2021
Financiación:	Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 2014-2020



*“Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales”*

## Contenido

1. RESUMEN.....	3
2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN.....	5
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
3.1. Cultivo y variedades, características generales.....	7
3.2. Ubicación del proyecto y superficie.....	9
3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.....	10
3.4. Características del agua, suelo y clima.....	10
3.5. Preparación suelo, marco y densidad de plantación. Sistema de formación y/o entutorado. .	12
3.6. Riegos y abonados.....	14
3.7. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas. ....	15
3.8. Dispositivos instalados.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Parámetros y controles realizados.....	19
4.2 Medidas de la humedad del suelo mediante sensores.....	20
4.3 Medidas del drenaje en sondas.....	24
4.4 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc.....	26
4.5 Desarrollo de los objetivos propuestos.....	28
5. CONCLUSIONES.....	32
6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.....	34
7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.....	34

## 1. RESUMEN.

Se considera necesario orientar a los agricultores en el cumplimiento de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor, mediante la adopción de nuevas tecnologías de riego que permitan uso más eficiente del agua, dada la importancia de la agricultura en la Región de Murcia y la necesidad de reducir el consumo de este recurso tan limitado, además de evitar la contaminación difusa por nitratos.

Este proyecto pretende dar a conocer los resultados de dispositivos y técnicas aplicados al ahorro de agua y fertilizantes y supone la instalación de unas parcelas demostrativas para la aplicación de estas técnicas y dispositivos.

Con la parcela se ha querido que agricultores y técnicos tengan una visión global de todos los aspectos importantes de los cultivos: el comportamiento y la evolución de las variedades, los nuevos automatismos, los sistemas de control del riego y abonado, datos sobre riego y lixiviados, los abonos más solubles, la solarización más adecuada, etc. Asimismo se han estudiado en las parcelas todos los aspectos relacionados con la legislación vigente a aplicar, como son el Código de Buenas Prácticas Agrarias, la Ley 3/2020, la normativa de las Zonas Vulnerables.

En la anualidad 2021 la parcela demostrativa ha consistido en el establecimiento en el interior de un invernadero en el CIFEA de Torre-Pacheco de diversos cultivos hortícolas (pimiento, tomate, berenjena, judías, calabacín, etc.) y la instalación de dispositivos para una gestión más eficiente de la fertirrigación. La instalación de los sensores para la medida de humedad gravimétrica se realizó el 15 de enero de 2021 para la campaña en curso (reflejado en la memoria 20CTP1\_1) y el 3 de diciembre de 2021 para la siguiente campaña (reflejado en la actual memoria).

Se ha realizado biosolarización y aporte de materia orgánica para la mejora del suelo y está en marcha un nuevo cultivo para el ciclo de otoño-invierno 2021 en el cual se han instalado los dispositivos de medición de humedad del suelo y control del riego. Este cultivo demostrativo se alargará hasta la primavera de 2022.

Básicamente se pretende evaluar el comportamiento de los dispositivos para el control del riego instalados, preparando en primer lugar la tierra del invernadero mediante un subsolado y posteriormente un pase de fresadora para enterrar el estiércol de fondo. En anualidades anteriores y tras los resultados de los análisis de suelos y datos ofrecidos por los dispositivos colocados, se añadió para la mejora del suelo paja, azufre o arena fina, con buenos resultados.

Como mejor opción disponible de entre las estudiadas en la anualidad 2019, se instaló en enero de 2021 un sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores con datalogger tipo Em y se colocaron tres sondas 10HS a tres profundidades, 15, 30 y 50 cm, con su correspondiente software.

Estos sensores de tipo capacitivo FDR constan de dos placas de un material conductor separadas por una pequeña distancia y miden el contenido de agua en el suelo a partir de la constante dieléctrica del mismo. Sus lecturas se expresan en contenido volumétrico de agua en el suelo ( $m^3$  de agua/ $m^3$  de suelo). Se eligieron por ser su instalación sencilla a cualquier profundidad y orientación en el perfil del suelo, por ser un diseño robusto y de larga duración para monitorizar a largo plazo y por la comodidad en la extracción de los datos, que se disponen en el ordenador o en el móvil; aunque requieren control por técnico o empresa cualificada.

Con estos sensores se establecen los límites de “Capacidad de Campo” y “Punto de Marchitez” y por lo tanto es posible conocer la humedad mínima aceptable para establecer la estrategia de riego, una vez programado el riego por el método de la FAO. Estos dispositivos, ensayados ya durante tres años se han mostrado adecuados para manejar el riego en hortalizas, teniendo en cuenta que la tolerancia del cultivo a la cantidad de agua disponible en el suelo varía durante su desarrollo, ajustando los umbrales de riego a las necesidades del cultivo en cada una de sus fases.

En enero de 2021 se realizó la instalación de los dispositivos FullStock, que permiten intuir de una manera directa el movimiento del agua en el suelo. Los datos obtenidos indican que la concentración de nitratos en las sondas a 20 cm es similar a la concentración en sondas a 40 cm y muy elevada, como consecuencia de un exceso de abonado. Ello se debe a que todo el invernadero se abona igual y atendiendo las necesidades máximas de plantas como el tomate, con lo que otros cultivos están sobrefertilizados por extraer menos. Además se parte de un suelo altamente fertilizado y se ha practicado el abonado clásico en base a conductividades, adicionando abono para elevar la CE del agua de riego en + 0,5-1,0 puntos según el periodo de cultivo.

La concentración media de nitratos en el cultivo de berenjena en la sonda FullStock a 20 cm es de 448 mg/l y en las sondas profundas de 341 mg/l, y en pimiento, 382 mg/l a 20 cm y 367 en la sonda a 40 cm. Esto indica una sobrefertilización con el sistema de conductividades, que es necesario corregir, ya que las plantas dejan percolar gran parte de los nitratos aportados, que exceden a sus necesidades.

Se observa que la sobrefertilización se produjo en momentos puntuales, como el inicio del cultivo, con conductividades de hasta 7,56 microsiemens por cm, para estabilizarse después el abonado, dando conductividades en el entorno de 2 microsiemens por cm.

El dispositivo FullStock, así como cualquier sonda de succión sería adecuado tomando muestras de lixiviado a dos profundidades para el seguimiento del control del riego y por el contrario, el método de conductividades fijas para el abonado habría que desecharlo si no se tiene en cuenta algún parámetro más como la medida de las sondas, porque como hemos visto nos ha llevado a una sobrefertilización en el invernadero y a la consiguiente lixiviación.

En general, observamos que los sistemas de monitorización de la humedad en el suelo son herramientas muy útiles para mejorar la eficacia del modelo de programación de riego de la FAO, basado en su combinación con el uso de sensores de humedad del suelo. Se considera conveniente seguir probando tipos de sensores y analizar el que resulta más apropiado, combinado con el empleo de abonos menos contaminantes, solarización y biofumigación, estiércol más adecuado y su aplicación, variedades adaptadas al tipo de cultivo, empleo adecuado de automatismos ( ventilación, pantalla térmica), etc.

Con este proyecto se ha evidenciado que el uso de los dispositivos repercute directamente en un menor consumo de agua y fitosanitarios, sin ver mermadas las producciones del cultivo. Los dispositivos pretenden caracterizar y corregir los defectos de un mal empleo del riego y la fertilización. El ahorro de agua realizando un correcto seguimiento de las sondas estimamos está en el entorno del 20%, respecto al consumo si no se dispone de estos dispositivos.

## 2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN.

El Mar Menor es una de las mayores lagunas litorales de Europa y la más grande de la Península Ibérica, con singulares valores ambientales que han determinado su incorporación a los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) y Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM), así como la declaración del Paisaje Protegido de los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor, del Parque Regional de Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) «Mar Menor», y de la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) «Mar Menor». El Mar Menor es además un lugar muy emblemático para la Región de Murcia en el

que convergen múltiples usos y aprovechamientos, principalmente turísticos, recreativos y pesqueros, con un importante aprovechamiento agrícola de su entorno.

Recientemente, se ha puesto de manifiesto un deterioro de la calidad de sus aguas por la progresiva eutrofización de la laguna. Es un problema de complejidad técnica, ambiental y social, que exige actuar de forma combinada sobre los diferentes sectores de actividad cuya influencia pueda hacerse sentir sobre su estado ecológico.

La Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor establece la necesidad de controlar los parámetros de calidad del agua de riego, así como el uso de la misma y la gestión eficiente del riego y de la fertilización, hasta el punto que sanciona con infracción leve las explotaciones que no aplican técnicas de gestión eficiente del riego y considera infracción grave lo siguiente:

- a) Incumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.
- b) No cumplimentar adecuadamente el cuaderno de explotación o anotar en él datos falsos.
- c) Rebasar los límites de abonado o abonar en épocas distintas de las permitidas.
- d) Aplicar abonos orgánicos o inorgánicos de forma inadecuada.
- e) No aplicar los fertilizantes en las condiciones establecidas en el programa de actuación.

El fin último del ensayo es establecer un proyecto demostrativo y educativo a los agricultores que les conciente sobre el uso racional del agua para evitar pérdidas de la misma y de nitratos, entendiéndose que una visión práctica les comprometerá a hacer un mejor manejo de la fertirrigación.

Los objetivos que se plantearon en el desarrollo del proyecto son los siguientes:

- Objetivo 1. Caracterizar las técnicas de cultivo empleadas por los agricultores de la Comarca e identificar aquellas que pueden causar problemas medioambientales.
- Objetivo 2. Instalación de dispositivos en las parcelas demostrativas.



Foto n° 1. Dispositivo de control del riego instalado (03/02/2021).

- Objetivo 3. Transferir a los agricultores y técnicos del sector los conocimientos obtenidos.
- Objetivo 4. Elaboración de una memoria que indique las estrategias para reducir el drenaje de agua y la lixiviación de nitratos.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### 3.1. Cultivo y variedades, características generales.

El cultivo en este ciclo de otoño de 2021- primavera de 2022 es de varias hortícolas bajo invernadero en un invernadero multicapilla del CIFEA, ocupando una superficie de unos 600 m<sup>2</sup> de:

- Tomates: Cherry, canario de rama, tipo Bef.
- Pimiento Italiano cónico, California rojo y Lamuyo.
- Judías verdes de enrame redondas.
- Berenjenas y calabacines.
- Plantas de hoja: Acelgas y perejil.
- Cebollas y ajos.





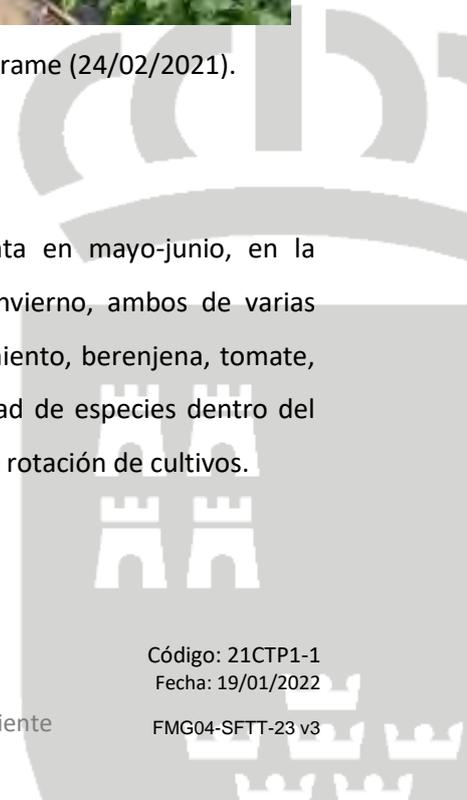
Foto nº 2. Aspecto de los cultivos de porte bajo (03/02/2021).



Foto nº 3. Aspecto de los cultivos de porte alto, tomate y judía de enrame (24/02/2021).

Las características del ensayo se reflejan a continuación:

Dado que el trasplante comienza en noviembre-diciembre y se levanta en mayo-junio, en la anualidad 2021 se han realizado dos cultivos de este ciclo de otoño-invierno, ambos de varias hortalizas bajo invernadero en un invernadero multicapilla del CIFE: pimiento, berenjena, tomate, judías, berenjenas, calabacines.... Se pretende tener la máxima variabilidad de especies dentro del reducido espacio del invernadero, lo que contribuye también al objetivo de rotación de cultivos.



### 3.2. Ubicación del proyecto y superficie.

El proyecto está ubicado en el CIFEA de Torre-Pacheco, en el invernadero que marca la flecha.



Foto nº 4. Ortofoto del CIFEA de Torre-Pacheco con ubicación del ensayo.

La superficie de la parcela demostrativa es de unos 600 m<sup>2</sup>, que es la superficie que se dedica al cultivo de las distintas hortalizas, espacio que se ha visto suficiente para el cultivo y para colocar todos los dispositivos a ensayar.

### 3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.

La parcela demostrativa pretende materializar los resultados de dispositivos diseñados para la optimización del riego y el abonado. En las dos primeras anualidades se ensayaron sistemas de medida de la humedad gravimétrica por sensores HS y toma de datos “*in situ*”, instalación de cubeta evaporimétrica tipo A dentro del invernadero, colocación de sondas de drenaje para el control del abonado en función de la conductividad de las sondas a distintas profundidades (15, 30 y 45 cm, e instalación de baterías de tensiómetros.

Ya en la segunda y tercera anualidad (2021) se ensayó un dispositivo de control de humedad volumétrica en suelo con transmisión de datos a ordenador, que es el que se ha instalado en esta anualidad. Con el dispositivo se pretende realizar una gestión eficiente del riego y el abonado nitrogenado, que se consideran dos de los aspectos más importantes de la Ley 3/2020, ya que van estrechamente vinculados con la lixiviación de nitratos, que depende de dos variables insolubles; aporte de nitratos y agua de riego o lluvia. El excesivo aporte de agua o su deficiente distribución contribuyen al arrastre de los iones nitrato y el aumento de la contaminación.

No hay repeticiones, por haber muchas hortalizas ensayadas y dado que se trata más bien de una parcela demostrativa de optimización del riego y el abonado.

Se han instalado en esta campaña 2021/2022 los siguientes dispositivos:

- Sensores de humedad y conductividad con datalogger, con su correspondiente software y transmisión de datos al ordenador, con sondas colocadas a tres profundidades 15, 30 y 50 cm.
- Dispositivos “FullStock” para el control visual del riego y con sondas de drenaje para el control del abonado en función de la conductividad a distintas profundidades (15 y 40 cm).

### 3.4. Características del agua, suelo y clima

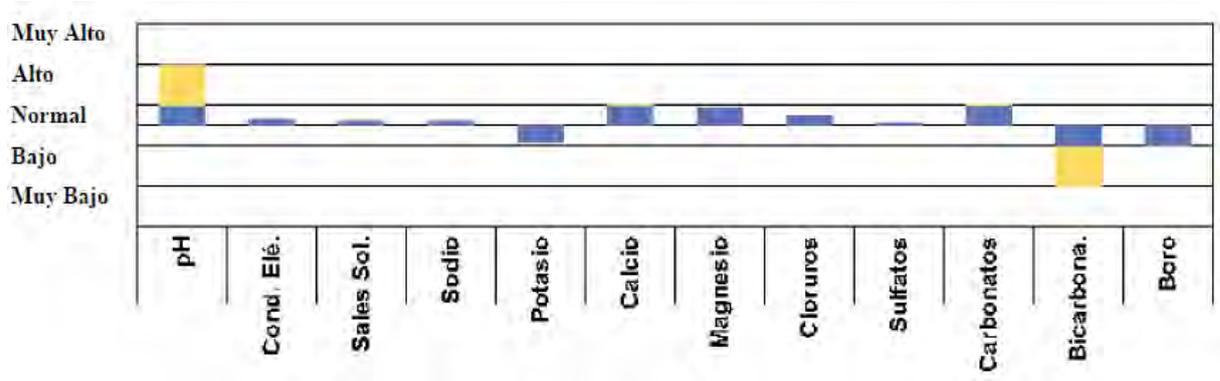
Con los créditos disponibles del Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, cofinanciado por el FEADER, se han podido realizar análisis del agua empleada en el ensayo y de los suelos del invernadero, en laboratorio especializado.

#### CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua procede de la suministrada por la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, que es una mezcla de aguas del trasvase Tajo-Segura, aguas de desaladora, más una pequeña parte de aguas depuradas.

Del análisis se han determinado las siguientes características del agua empleada:

**1.- NIVELES**



**2.- SALINIDAD**

Esta agua presenta una concentración de sales normal (0,67 gramos/litro).

**CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

El suelo del invernadero es profundo, con una textura franco-limosa, un contenido de materia orgánica muy alto (4,30%) y muy alta salinidad. La realización de este análisis inicial del suelo, cuya muestra fue tomada en julio de 2019, ha servido para ver el elevado nivel de salinidad del suelo en todos los elementos y principalmente en nitratos.

Si bien es cierto que se tomó la muestra al final del cultivo anterior y cuando se había aportado la materia orgánica para la solarización del invernadero, el análisis ha puesto de manifiesto una sobrefertilización y ha motivado una reducción drástica del abonado mineral y orgánico, para la siguiente campaña 2019-2020, siguiendo las indicaciones de la Ley 3/2020.

El suelo presenta una textura franco-limosa, que hace requiera de enmiendas.

**\*TEXTURA (USDA)(SUE0008) : Franco-Limosa**



Distribución de la textura del suelo.

En esta parcela se ha comprobado lo importante que resulta la realización de análisis de suelos, que en nuestro caso va a permitir corregir la excesiva salinidad producto de muchos años de cultivos sucesivos y fuertes abonados, así como controlar el elevado aporte de materia orgánica y compuestos nitrogenados.

### 3.5. Preparación suelo, marco y densidad de plantación. Sistema de formación y/o entutorado.

Antes de realizar el trasplante se realizaron dos labores de subsolador, otras dos de rotovator y, por último, un corte de tierra con tilda para dejar definidos los caballones. En las zonas con acolchado se realizó la labor correspondiente para su colocación.

La plantación se realizó a mano con operarios y las plantas provienen de semillero, algunas del propio CIFEA. El marco de plantación medio es de 1 metro entre líneas y 20 cm entre plantas colocadas a dos caras. La densidad es de unas 8 plantas/m<sup>2</sup> (en total unas 4.000 plantas, dejando los bordes). El marco de plantación del pimiento y tomate es de una planta por gotero, a una separación de 33 cm y constituye casi la mitad de las plantas del invernadero, por lo tanto una densidad de 0,33 plantas por m<sup>2</sup> o lo que es lo mismo, 3 plantas por m<sup>2</sup>.

Una vez levantado el cultivo anterior, a finales de junio de 2021, se procedió a realizar un pase de subsolador al objeto de preparar el suelo para la solarización. Se aplicó arena para mejorar la estructura, y muy poco estiércol, ya que anteriormente se vio en el análisis de suelo un elevado contenido de materia orgánica.



Foto nº 5. Preparación del terreno para la siguiente campaña (24/06/2021).

El 24 de junio de 2021 se prepara el terreno para la solarización, levantando el plástico casi tres meses después.



Foto nº 6. Invernadero en el proceso de solarización (27/08/2021).



Foto nº 7. Terminación del proceso de solarización (10/10/2021).

La plantación se realizó a mano y las plantas provenían, generalmente, de semillero realizado en el propio CIFEA. Se extendió film plástico en cada fila de plantas para retener la humedad cerca de las raíces y los calabacines tuvieron que acolchase.



Foto nº 8. Comienzo de la plantación de la nueva campaña (14/10/2021).

El estiércol aplicado presenta un contenido de humedad del 41,26% y sobre muestra seca un 60,4% de materia orgánica. El contenido de N es bajo 1,68 % sobre muestra seca, el de P de 1,53% y el de potasio de 2,46%. El contenido más elevado de los macronutrientes es el de calcio, con un 14,5% en forma de CaO y de azufre con un 7,72% de SO<sub>3</sub>.



Foto nº 9. Aspecto del cultivo con la colocación de los túneles (24/11/2021).

### 3.6. Riegos y abonados.

Se pretende ver en qué aspectos hay que incidir para realizar una gestión eficiente del riego y el abonado nitrogenado, que se consideran dos de los aspectos más importantes de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor. Para ello hay que tener en cuenta que la lixiviación de nitratos a capas profundas o por escorrentía depende de dos variables insolubles; aporte de nitratos y agua de riego o lluvia. El excesivo aporte de agua o su deficiente distribución contribuyen al arrastre de los iones nitrato y el aumento de la contaminación. Para que esto no suceda debe establecerse una correcta ejecución y práctica del riego.

La cantidad de agua a aportar se ha ido controlando con instalación de los dispositivos a tal efecto en el interior del invernadero. La cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie y la frecuencia de los riegos se ha ido acomodando a la capacidad de retención de humedad del terreno con el fin de evitar pérdidas de agua en profundidad, lejos del alcance de las raíces, con la consiguiente lixiviación de elementos nutritivos móviles.

Los dos primeros riegos (plantación y enjuague) se realizan sin abono, con una duración de 4 horas el primero y 2 el segundo. En el siguiente periodo de cultivo (desde los 15 días del trasplante hasta los 60 días) se lleva a cabo un incremento de la conductividad eléctrica de 0,5 mS/cm sobre el agua del

pantano (1,41 mS/cm) con Ca (NO<sub>3</sub>) al 60% y KNO<sub>3</sub> al 40%, manteniendo un pH de 6 con aportaciones de HNO<sub>3</sub>.

Se ha aplicado el riego clásico por conductividades, a los efectos de comprobar si el sistema es compatible con la reducción de la contaminación por nitratos. En el periodo comprendido entre los 60 días del trasplante y la recolección del cultivo se mantiene el incremento de la conductividad eléctrica, pero invirtiendo los porcentajes de los abonos (40% Ca NO<sub>3</sub> y 60% KNO<sub>3</sub>). En el periodo de mayor desarrollo del cultivo se aplica una conductividad máxima de 2,9 mS/cm para tomate y 3,1 mS/cm para pimiento, que se va rebajando conforme se ve quedan cubiertas las necesidades del cultivo.

Los riegos han variado dependiendo de las condiciones meteorológicas y las necesidades del cultivo en cada momento del ciclo, lo que se ha ido ajustando con la información de los diversos dispositivos instalados.

En relación al abonado, por la variedad de cultivos, no ha sido posible establecer formulaciones por cultivo siguiendo la calculadora de nitrógeno, pues todo el invernadero se abona igual. Lo que se ha hecho es, en consonancia con la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor, aplicar menos abonado nitrogenado utilizando únicamente los siguientes fertilizantes: aminoácidos, nitrato cálcico, nitrato potásico, sulfato magnésico y fosfato monopotásico, eliminado el nitrato amónico que inclinaría el abonado hacia más dosis de N.

El abonado se realiza mediante 4 depósitos ubicados en el cabezal central del CIFEA de 800 litros cada uno en los que se diluyen a bonos a un 5% y que son: depósito de microelementos, depósito de nitrato cálcico, depósito de fosfato monopotásico y depósito de nitrato o sulfato potásico.

### 3.7. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas.

Durante todo el ciclo de cultivo se realizó muestreo del estado sanitario de la plantación y en función de este se han ido aplicando los tratamientos fitosanitarios necesarios. Se aplicaron preferentemente productos autorizados en las normas técnicas de Producción Integrada de la Región de Murcia.

Durante todo el ciclo de cultivo se observó la presencia de malas hierbas procediendo a su eliminación de forma manual o mecánica. No se considera conveniente el empleo de herbicidas por la poca superficie del invernadero y la multitud de especies ensayadas en ese poco espacio.

Los tratamientos fitosanitarios realizados en la cosecha 2020/2021 han sido los habituales para este tipo de cultivos, empleando algunos de los siguientes fitosanitarios cuando el umbral de plagas o enfermedades lo ha aconsejado:

- Un insecticida perteneciente a la familia de las diamidas antranílicas que controla lepidópteros en diversos cultivos hortícolas de fruto y de hoja. Con eficacia sobre la mayoría de especies de orugas como *Spodoptera exigua*, *Ostrinia nubilialis*, *Helicoverpa armigera*, *Tuta absoluta*, *Plusia spp.*, *Pieris brassicae*, entre otras especies. Combina una triple actividad: control ovicida (control de la oruga en el estadio de huevo), ovolarvicida (control de la oruga dentro del huevo

o en el momento de la eclosión de los huevos y salida de las larvas) y larvicida (control de las larvas de orugas).

- Un insecticida basado en Acetamiprid 20% p/p que actúa por contacto e ingestión sobre un amplio espectro de insectos perjudiciales para los cultivos, especialmente hemípteros, lepidópteros, dípteros y coleópteros, alterando el funcionamiento de su sistema nervioso. Su materia activa, Acetamiprid, presenta unas características toxicológicas y un comportamiento medioambiental muy favorable, en línea con los programas de producción integrada y de sostenibilidad.
- El insecticida abamectina para el control de focos de formas móviles de tetraníquidos (arañas rojas y amarillas) y tarsonémidos (arañas blancas), que afecta al sistema nervioso del insecto por inhibición de los signos nerviosos.
- Un fungicida compuesto por *Trichoderma atroviride* y *Trichoderma asperellum*, preventivo contra enfermedades de suelo (*Phythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, etc). Es un fungicida biológico no tóxico, no residual, no alergénico y respetuoso con la fauna auxiliar.
- Los fungicidas Difenconazol, Penconazol y Tebuconazol.
- El insecticida Imidacloprid contra focos de mosca blanca.



Foto nº 10. Tratamiento fitosanitario en el invernadero (25/03/2021).

Se han realizado además sueltas de auxiliares, como la de *Amblyseius swirskii*, que se muestra como un eficaz depredador de las larvas jóvenes de varias especies de trips, y los huevos y larvas de mosca blanca (tanto *Trialeurodes vaporariorum* como *Bemisia abaco*).

Se realizó un análisis de plaguicidas en hojas de tomate en fecha 13 de mayo de 2021 por medio de cromatografía, con los siguientes resultados:

FECHA ENTRADA MUESTRA (SAMPLE ENTRY DATE): 13/05/2021		FECHA INICIO ENSAYO (TEST START DATE): 13/05/2021	
FECHA FIN DE ENSAYO (TEST END DATE): 13/05/2021		(1) MUESTREO EXTERNO (EXTERNAL SAMPLING)	
CÓDIGO CLIENTE (CUSTOMER CODE): 277	CLIENTE (CUSTOMER): CIPSA TORRE PACHECO	TIPO MUESTRA (SAMPLE TYPE): GENERAL	
DIRECCIÓN (ADDRESS): AVDA. GERARDO MOLINA, 20	CÓDIGO POSTAL (POSTAL CODE): 30700	DESCRIPCIÓN MUESTRA (SOLIDAM DESCRIPTION): GENERAL	
POBLACIÓN (CITY/TOWN): TORRE PACHECO	TELÉFONO (PHONE NUMBER): 96578200	CANTIDAD DE MUESTRA (SAMPLE AMOUNT): 50 gr. DE MATERIAL VEGETAL EN BOLSA DE PLÁSTICO	
REFERENCIA CLIENTE (CUSTOMER REFERENCE): MATERIAL VEGETAL DE TOMATE PLAGUICIDA 14	Nº MUESTRA/INFORME (SAMPLE/REPORT NUM): 6207E		
ANÁLISIS SOLICITADO (ANALYSIS REQUESTED) según ficha de servicios (under service list): IR-356(7): AMARILLO+AZUL			
RESUMEN DE POSITIVOS (Positives Summary)			
DETERMINACIÓN (Parameter)	RESULTADO (Result)	%I (%UI)	UNIDADES (Units)
Azoxistrobina	46	50	mg/kg
Bifenazato suma	21	50	mg/kg
Clorotalonil	47	50	mg/kg
Etoxazol	9.5	50	mg/kg
Imidacloprid	0.026	50	mg/kg
Tebuconazol	2.6	50	mg/kg

### LISTADO DE TRAZAS (TRACES LIST)

DETERMINACIÓN (PARAMETER)	RESULTADO (RESULT)	UNIDADES (UNITS)	LD (LD)
Difenoconazol	0.0026	mg/kg	0.0020
Penconazol	0.0039	mg/kg	0.0020

Dado el pequeño espacio del invernadero y los tratamientos aplicados, es lógico que aparezcan residuos, sobre todo en este cultivo que es el más tratado y además por haber tomado la muestra en el momento de más aplicaciones. Esto indica la importancia de programar las recolecciones respetando los plazos de persistencia y seguridad de las materias activas, ya que se ha podido comprobar la persistencia de algunas de ellas.

### 3.8. Dispositivos instalados.

Se ha instalado en esta primera anualidad un sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores HS con datalogger tipo Em, caudalímetro y tres sondas a tres profundidades en el interior del invernadero de hortalizas en suelo, con su correspondiente software de transmisión de datos y placa solar de alimentación.



Foto nº 11. Aspecto del dispositivo de control de humedad gravimétrica en el suelo (04/05/2021).

Asimismo, se han instalado cuatro dispositivos FullStock para la observación rápida del estado de humedad del suelo, con posibilidad de obtener drenaje para el control del abonado en función de la conductividad de las distintas profundidades (20 y 40 cm).



Foto nº 12. Aspecto del dispositivo FullStock y su instalación (04/05/2021).

Para el adecuado control de la humedad en el invernadero, se ha adquirido un medidor de humedad relativa para el control de apertura y cierre del invernadero (psicrómetro). Se ha visto la importancia de una buena ventilación en el interior del invernadero y de que tanto la apertura de las ventanas laterales y cenitales como la puesta en marcha del ventilador no dependan solo de la temperatura y

puedan programarse también por humedad. Esto ha reducido mucho la presencia de enfermedades fúngicas y ha mejorado sensiblemente el estado fitosanitario de las plantas, al programar la ventilación en momentos de humedad relativa alta y temperatura baja, como es por las mañanas.



Foto nº 13. Medidor de humedad relativa para el control de apertura y cierre del invernadero (psicrómetro) y sublimador de azufre.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1 Parámetros y controles realizados.

A lo largo del cultivo se han realizado las mediciones y observaciones siguientes:

- Sanidad general de la planta (presencia de enfermedades).
- Consumo de agua en el invernadero.
- Tratamientos fitosanitarios.
- Datos de humedad volumétrica en el suelo.
- Concentración de nitratos del agua extraída en las sondas de succión (FullStock).

No se ha podido medir pH y conductividad en el agua extraída de las sondas por las pocas cantidades extraídas, que no permiten usar el conductímetro y pH-metro. Está pendiente la finalización del

cultivo de la campaña 2021/2022, que se encuentra en el comienzo de la producción y la evaluación de la pérdida de nitratos por lixiviación.

#### 4.2 Medidas de la humedad del suelo mediante sensores.

Se colocaron en enero de 2021 (y también en diciembre de 2021 en pimiento para la siguiente campaña) tres sensores para medida de humedad gravimétrica en suelo en el invernadero objeto de ensayo, en el cultivo de tomate y las profundidades de 15, 30 y 50 cm. La instalación se realizó mediante barrena para no alterar el suelo. Las sondas de humedad gravimétrica miden la fuerza que necesita la planta para extraer el agua y se basan en la constante dieléctrica del suelo, que se transforma en contenido de humedad. Estas sondas no dependen de la textura del suelo y su medida y son equivalentes a los tensiómetros, que dan la fuerza necesaria para extraer el agua.

El datalogger manda cada hora los paquetes de datos, que toma cada 5 minutos. El dispositivo tiene alarmas que saltan para valores críticos. Se pueden instalar sondas para riego, fertilizantes, humedad gravimétrica, potencial matricial, conductividad aparente del suelo, caudalímetro, CE de agua de riego, sondas ambientales, pluviómetros dendrómetros, luxómetro, etc.

Las sondas instaladas en el invernadero han sido: caudalímetro en la línea de portagotos y 3 sondas de conductividad aparente del suelo a 15, 30 y 50 cm.

El fundamento de estas sondas es que al regar se lleva el bulbo húmedo a saturación, con un equilibrio agua-suelo-aire casi a capacidad de campo y en ese estado la planta obtiene el agua del suelo casi sin coste energético. La otra barrera que debemos controlar es el punto de marchitez, a la que no debemos llegar, entre ambas se deben producir los riegos. Con la gráfica de porcentaje volumétrico de agua identifiqué el punto crítico al a partir del cual debo dar el siguiente riego.

La medida que se emplea para aplicar el riego es el contenido volumétrico de agua en el suelo, que no es otra cosa que el porcentaje de humedad en un volumen de suelo. Los sensores tienen dos polos en sus varillas y entre ellos se produce un voltaje, actuando el suelo como material dieléctrico y traduciéndose la carga en distintos contenidos de humedad a través del software correspondiente. El datalogger envía los datos por la tarjeta SIM y se puede poner en el ordenador y en el teléfono móvil. Se obtienen unas gráficas que reflejan el porcentaje volumétrico en un periodo de tiempo y que nos dan unos picos indicativos de una subida de la humedad en el suelo tras los riegos, que luego se estabilizan hasta una recta o meseta que indica precisamente la capacidad de campo del suelo, o punto óptimo de contenido de agua para su utilización por las plantas.

Hay dos posibilidades de riego del invernadero en suelo:

- Humectar superficialmente con 3-4 riegos al día de unos 15 minutos, con lo que se consigue un sistema radicular en cabellera y poco profundo.
- Humectar con un solo riego al día de una hora, con lo que se consigue un sistema radicular mayor y más profundo, que resiste mejor los periodos de elevada evapotranspiración, aunque la capa superficial permanece más seca.

Nosotros hemos optado por la solución primera de riegos cortos, lo que no permite pasar a un solo riego al día una vez instalada, porque la raíz no se adaptaría.

#### **Manejo de las sondas de control de humedad gravimétrica en el suelo:**

La instalación de estos dispositivos no nos exime del cálculo de las necesidades de riego semanal. Las sondas ayudan a ahorrar agua cuando hemos hecho una programación calculando los datos según la ETo, pudiendo llegar a unos niveles del 30%, pero no valen para calcular el riego. Se calculan las necesidades hídricas de esa semana, se programa el riego y las sondas permiten ver como evoluciona el perfil del suelo y poder ajustar si falta o sobra agua. Tenemos con ello un dato en tiempo real de si la humedad sube o baja mucho.

La sonda profunda siempre se usa para determinar el drenaje, porque se supone que ya a partir de 50 cm no toman agua las hortalizas, lo que se drena ya son agua y nitratos que van a contaminar.

Las sondas capacitivas miden el contenido de humedad en un suelo, pero hay diferencias según la textura de un suelo, pues en uno arenoso es suficiente con un porcentaje del 15-20% y en uno arcilloso esto es claramente insuficiente. Partimos en las curvas de un margen de agotamiento del 20%.

Curva de porcentaje volumétrico:

Línea superior = capacidad de campo (ej 42 kpascales)

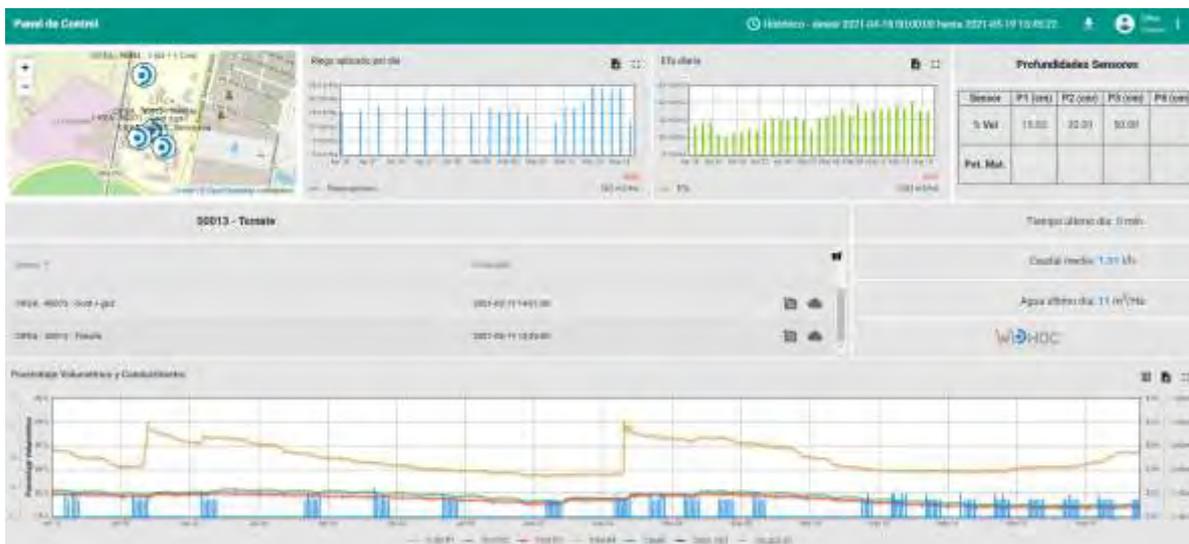
Línea inferior = déficit hídrico (ej 25 kpascales)

Entre ambos está el riego, en el momento en que se riega la curva no debe sobrepasar la línea superior y luego esta va bajando hasta y no debe acercarse a la línea de déficit, produciéndose entonces el siguiente riego. Lo ideal de estas curvas es que se mantengan entre los dos valores.

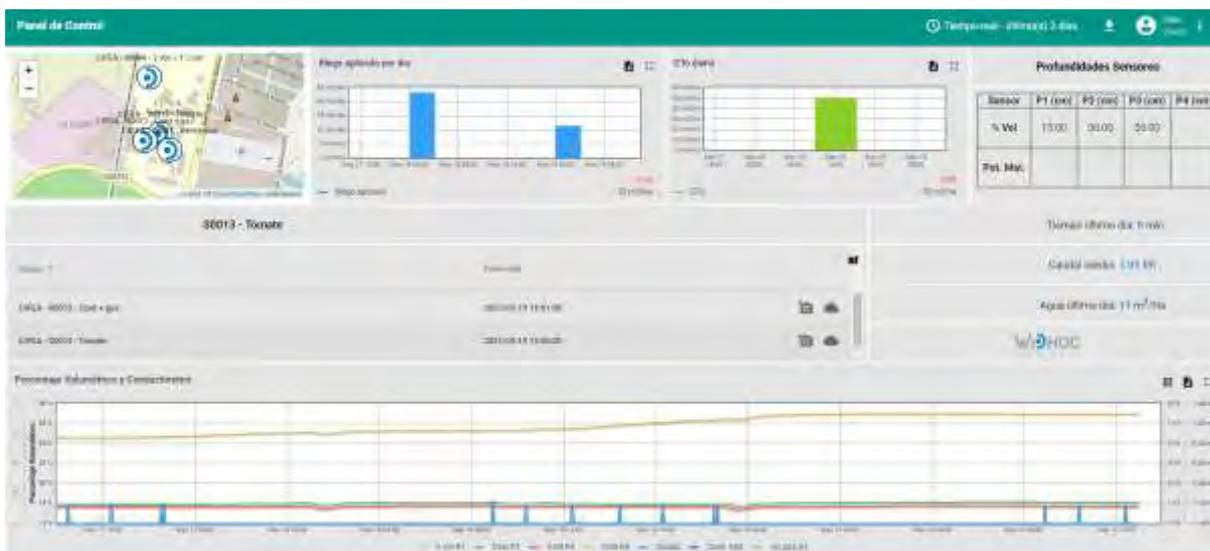
El dispositivo ofrece en tiempo real y para un periodo de hasta 30 días el riego aplicado y la evapotranspiración. Para disponer del dato de agua aplicada, se ha colocado un contador en una de las filas de la tubería portagoteros, de manera que se puede calcular el caudal aplicado a toda la parcela.

**En la siguientes gráficas se refleja el perfil de humedad del suelo, ofreciéndose unas explicaciones prácticas de como nos han ayudado a realizar un mejor control de los riegos:**

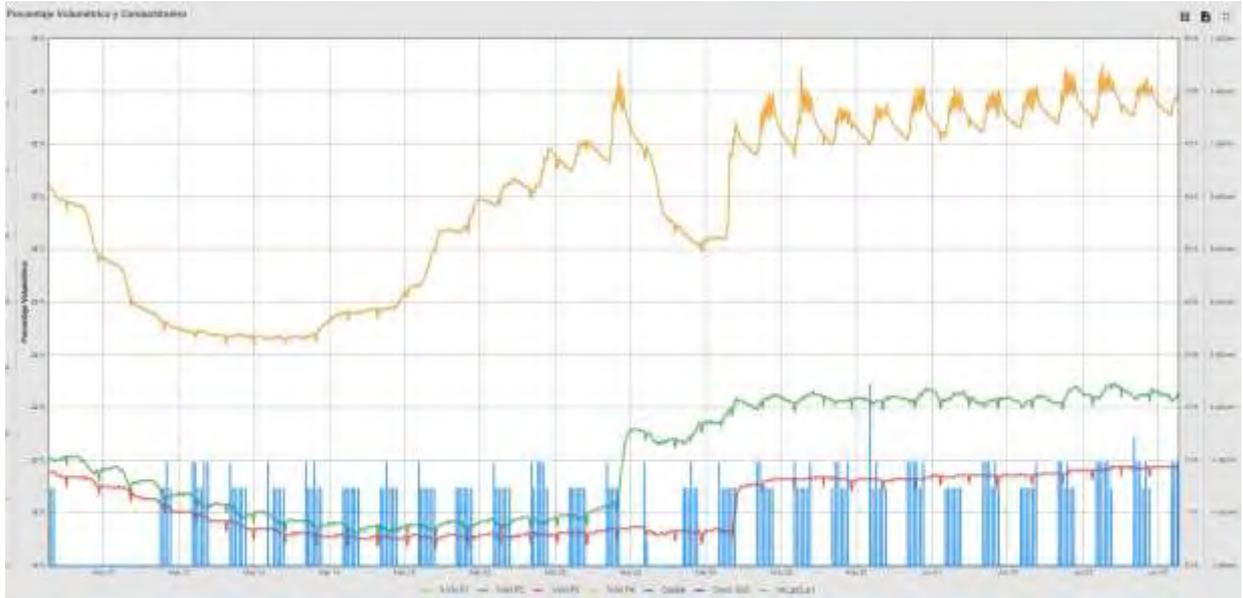
En este gráfico se ve las variaciones de humedad en el suelo del invernadero junto a las plantas de tomate entre el 18 de abril y el 18 de mayo de 2021. El día 12 de mayo se programó un incremento en el tiempo de riego, por mayor evapotranspiración de las plantas, pasando de 15 m<sup>3</sup>/ha y día a 20 m<sup>3</sup>/ha y día. Esto podía pensarse que llevaría asociado un incremento importante del porcentaje de humedad en las tres profundidades, sobre todo en el sensor más profundo, pero no fue así, estando los niveles de humedad por debajo del 20% para las sondas a 30 y 50 cm. Esto se debió a la fuerte demanda evapotranspirativa de las plantas de tomate, muy desarrolladas en esas fechas y a las crecientes temperaturas.



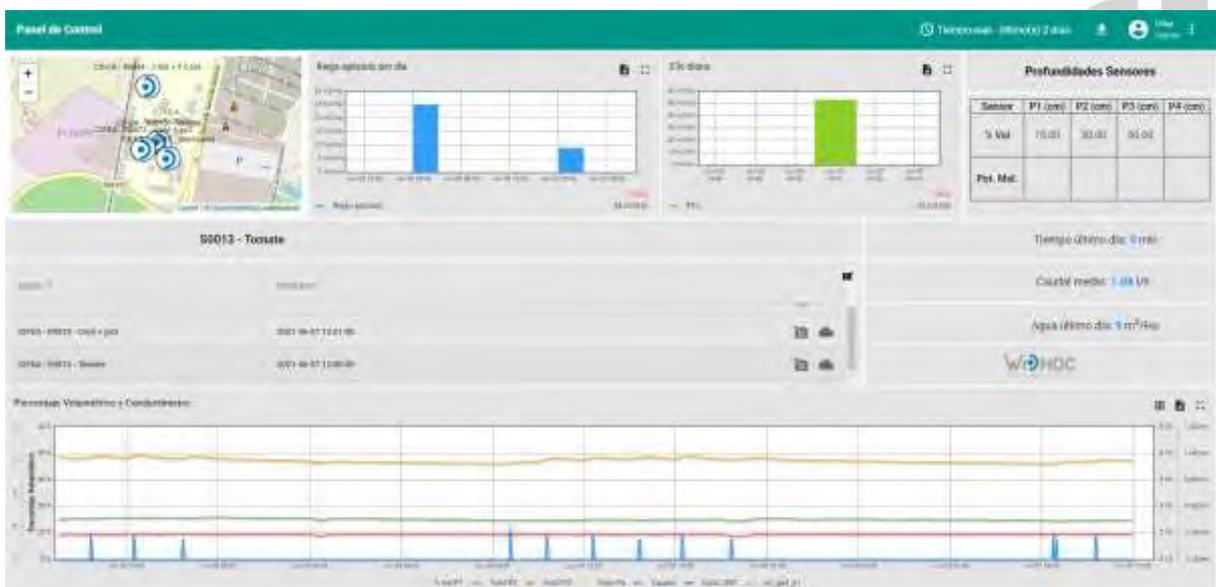
En un periodo de dos días, el panel de control no manifiesta esas oscilaciones de humedad tan acusadas en la sonda a 20 cm, como se observa en el gráfico:



En el periodo del 10 de mayo al 5 de junio de 2021, la mayor demanda evaporativa prevista en el mes de junio hizo que se aumentaran los riegos diarios en intensidad (tiempo de riego mayor); pero cielos nublados redujeron la evapotranspiración, la humedad volumétrica subió en pocos días de menos del 30 al 34% en la sonda superficial y de también un 4% más en las profundas. Al observar este exceso de humedad que percolaba a las capas profundas, se redujo el riego aunque la programación daba niveles más altos. Este seguimiento de las sondas permite a los agricultores ahorrar agua, en contacto directo con las necesidades reales del cultivo gracias a l valor instantáneo d proporcionado por las sondas de humedad.



El siguiente panel de control indica la situación de la humedad en el perfil del suelo del 5 al 7 de junio de 2021, una vez corregido el exceso de riego de la semana anterior. Se observa que se aportan riegos que varían de los 10 m<sup>3</sup>/ha y día a los 25 m<sup>3</sup>/ha y día, en función de las condiciones climáticas. A partir de mayo, la intensidad de los riegos aumenta por las mayores necesidades de fructificación y la mayor demanda evapotranspirativa. Se observa también una regularidad en el contenido de humedad del suelo, con un porcentaje de humedad en el entorno del 20-23% para las sondas a 30 y 50 cm y en el entorno del 50% para la sonda superficial. Si bien es cierto que el agua se acumula en capas profundas por la suela de labor, la regularidad de las gráficas y los valores en que se mueve la humedad indican que el riego es correcto. El ahorro de agua realizando un correcto seguimiento de las sondas estimamos está en el entorno del 20% de no disponer de estos dispositivos.



En total se han aplicado desde el comienzo del cultivo de tomate en suelo bajo invernadero en enero hasta su levantamiento en junio de 2021 una media de  $6,1 \text{ m}^3/\text{ha}$  y día, lo que equivale a  $6,1 \text{ l} / \text{m}^2$  y día. Las aportaciones van desde los  $3 \text{ m}^3/\text{ha}$  y día en enero hasta los 12 en plena producción y terminando en junio con  $9 \text{ m}^3/\text{ha}$  y día. Teniendo en cuenta la densidad de la plantación de 4 plantas/ $\text{m}^2$  en nuestro ensayo (lo normal son 3 plantas/ $\text{m}^2$ ), eso equivale a un riego medio de 1,53 l planta/día, que está en consonancia con lo que generalmente se aplica en este tipo de cultivos.

Esta aplicación media de  $6,1 \text{ l} / \text{m}^2$  y día equivale a  $61 \text{ m}^3/\text{ha}$  y día, que por el periodo de desarrollo del cultivo de 5 meses ha implicado un consumo de  $8.850 \text{ m}^3/\text{ha}$ , incluyendo los riegos de implantación y lavado de sales. Los sensores han contribuido a mantener los niveles de riego en unos límites adecuados, detectando los momentos puntuales en los que la percolación profunda era excesiva.

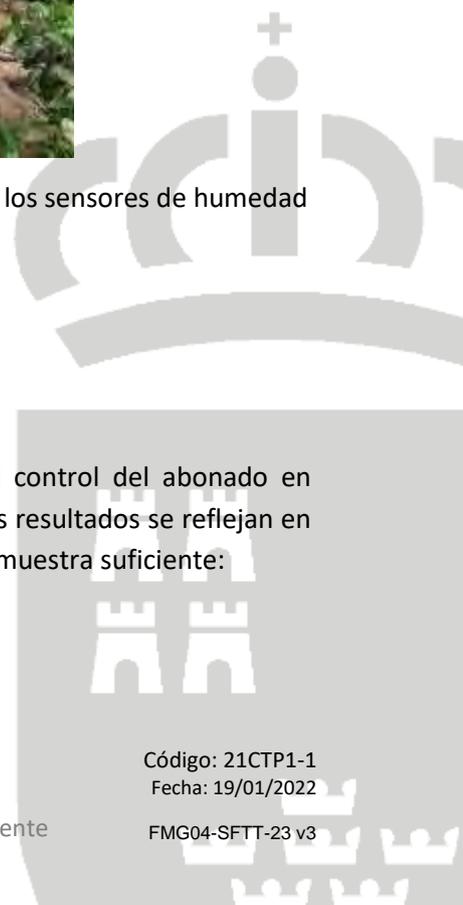
Las aplicaciones del actual cultivo de pimiento están elaborándose para los resultados de la memoria de la anualidad 2022.



Foto nº 14. Aspecto del invernadero hacia el final del cultivo y ubicación de los sensores de humedad volumétrica (05/05/2021).

#### 4.3 Medidas del drenaje en sondas.

Se colocaron cuatro dispositivos FullStock para obtener drenaje para el control del abonado en función de la conductividad de las distintas profundidades (20 y 40 cm). Los resultados se reflejan en la siguiente tabla, en la que los valores en blanco implica que no se obtuvo muestra suficiente:



MUESTRA	FECHA	PH	CE (MS)	[NO3-]
Berenjena 20 cm	25/03/2021	8,46	7,56	370,99
Berenjena 20 cm	29/04/2021	8,62	3,4	451,11
Berenjena 20 cm	07/05/2021	7,93	2,17	469,98
Berenjena 20 cm	14/05/2021	7,94	1,55	466,65
Berenjena 20 cm	21/05/2021	7,69	2,13	463,39
Berenjena 20 cm	28/05/2021	8,19	-	465,75
Berenjena 20 cm	11/06/2021	8,03	-	449,57
Berenjena 50 cm	25/03/2021	8,5	4,76	423,21
Berenjena 50 cm	29/04/2021	8,67	4,37	435,25
Berenjena 50 cm	07/05/2021	8,47	2,69	434,84
Berenjena 50 cm	14/05/2021	8,71	2,2	420,85
Berenjena 50 cm	21/05/2021	8,32	2,12	432,65
Berenjena 50 cm	28/05/2021	8,64	2,21	437,69
Berenjena 50 cm	11/06/2021	8,38	2,27	434,19
Pimiento 20 cm	25/03/2021	-	-	223,85
Pimiento 20 cm	29/04/2021	-	-	-
Pimiento 20 cm	07/05/2021	-	-	-
Pimiento 20 cm	14/05/2021	-	-	-
Pimiento 20 cm	21/05/2021	8,06	6,06	409,38
Pimiento 20 cm	28/05/2021	8,13	4,34	445,34
Pimiento 20 cm	11/06/2021	8,44	-	452,82
Pimiento 50 cm	25/03/2021	8,32	7,84	412,80
Pimiento 50 cm	29/04/2021	-	-	368,55
Pimiento 50 cm	07/05/2021	-	-	321,13
Pimiento 50 cm	14/05/2021	-	-	-

Pimiento 50 cm	21/05/2021	-	-	-
Pimiento 50 cm	28/05/2021	-	-	-
Pimiento 50 cm	11/06/2021	-	-	-

La concentración de nitratos se midió en espectrofotómetro, calculando la curva de calibrado en base a las medidas de longitud de onda a 275 y 220 nanómetros. El abonado en la fila de berenjena fue el mismo que en la de pimiento. Los datos obtenidos indican que la concentración de nitratos en las sondas a 20 cm es similar a la concentración en sondas a 40 cm y muy elevada, como consecuencia de un exceso de abonado. Ello se debe a que todo el invernadero se abona igual y atendiendo las necesidades máximas de plantas como el tomate, con lo que otros cultivos están sobrefertilizados.

La concentración media de nitratos en el cultivo de berenjena en la sonda a 20 cm es de 448 mg/l y en las sondas profundas de 341 mg/l, por lo que las diferencias no son significativas. Lo mismo ocurre en pimiento, con 382 mg/l a 20 cm y 367 en la sonda a 40 cm. Esto indica una sobrefertilización que es necesario corregir, ya que las plantas dejan percolar gran parte de los nitratos aportados, que exceden a sus necesidades.

En lo que respecta al pH, los valores medios a 20 cm y a 40 cm son similares (8,12 y 8,10) y algo básicos por las características del suelo. La conductividad del agua de las sondas, por su parte, presenta valores medios a 20 cm de 3,36 y a 40 cm de 2,94, lo que es elevado e indica sobrefertilización. Se observa que la sobrefertilización se produjo en momentos puntuales, como el inicio del cultivo, con conductividades de hasta 7,56 microsiemens por cm, para estabilizarse después el abonado, dando conductividades en el entorno de 2 microsiemens por cm.

#### 4.4 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc.

No se ha podido realizar la toma de muestras planificada en la campaña 2020/2021 por lo escalonado de las cosechas y la dificultad de programar las recolecciones con tantos cultivos. No se pretendía un dato exacto de cosecha, sino simplemente evaluar si esta es adecuada para las distintas especies y permite afirmar que la fertirrigación se ha realizado sin detrimento de la producción normal de este tipo de cosechas.



Foto nº 15. Aspecto de las plantas de tomate en el periodo de recolección (25/03/2021).



Foto nº 16. Productos recolectados al final del ciclo de cultivo (17/06/2021).

Respecto a la calidad de los frutos recolectados, en general ha sido aceptable, con un porcentaje pequeño de destrío. En cuanto al estado fitosanitario de las plantas también ha sido aceptable, con algunas patologías como el virus de la cuchara del tomate, que afectó a media docena de plantas.



Foto nº 17. Virus de la cuchara del tomate afectando a dos plantas (24/02/2021).

#### 4.5 Desarrollo de los objetivos propuestos.

En el desarrollo de esta parcela demostrativa, que en este año 2021 entró en su tercera anualidad, además de la realización de los cultivos y el ensayo de dispositivos y técnicas de control del riego, se marcaron otra serie de objetivos, que se van cumpliendo escalonadamente y son los siguientes: +

Objetivo 1. Caracterizar las técnicas de cultivo empleadas por los agricultores de la Comarca e identificar aquellas que pueden causar problemas medioambientales.

Con esta actividad se pretendía caracterizar las técnicas empleadas por los agricultores para el ahorro de agua y fertilizantes en la Zona Vulnerable dónde existe más densidad de cultivos. Además de la consulta de datos bibliográficos, se ha contactado con agricultores para caracterizar los aspectos medioambientales de sus explotaciones. Los datos se ofrecen esta tercera anualidad porque en las primeras la muestra era pequeña, teniendo ya una veintena de encuestas desde 2019, lo que se puede considerar representativo, ya que abarcan los cultivos más empleados en la Comarca.

Se ha constatado que desde la entrada en vigor de las sucesivas leyes de protección del Mar Menor (Ley 1/2028, Decreto Ley 2/2021 y Ley 3/2020), los agricultores se han ido sensibilizando e

incorporando paulatinamente actuaciones encaminadas al cumplimiento de estas normas, siendo conscientes de antemano de la declaración de Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos y el cumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.

Las encuestas realizadas a un total de 18 agricultores o técnicos en el periodo 2019/2021, todos ellos con explotaciones en regadío en el Campo de Cartagena, arroja los siguientes datos:

PREGUNTA REALIZADA	Respuestas y porcentaje o número explotaciones
Cultivo empleado (el que tenían en ese momento de la encuesta, teniendo en cuenta que rotan en horticolas)	Lechuga/escarola..... 4 explotaciones Pimiento invernadero..... 4 explotaciones Brócoli/coliflor.....2 explotaciones Alcachofa..... 1 explotación Apio..... 1 explotación Melón/sandía.....2 explotaciones Cítricos.....3 explotaciones Frutales (almendro riego) ..... 1 explotación
Sistema de riego empleado	Riego localizado por goteo ..... 77,8% Riego por aspersion o gravedad..... 5,5% Hidroponía..... 11,1% Riego subterráneo..... 5,5%
Métodos de programación del riego (calculan tiempo de riego y conductividad)	Programación basada en la experiencia, estado vegetativo y datos climáticos estaciones..... 66,7% Programación del riego basada en balance de humedad en el suelo (uso dispositivos como sensores de humedad)..... 33,3%
Cantidad de agua aplicada (depende de la climatología anual, principalmente precipitaciones)	Varían desde los 2.000 m <sup>3</sup> /ha en lechuga o brócoli hasta los cerca de 6.000 en cítricos, pasando por 4.500 m <sup>3</sup> /ha en melón. Media de las 18 explotaciones: 3.500 m <sup>3</sup> /ha y año
Caracterización de los suelos,	Arcillosos..... 16,7% Franco-arcillosos..... 55,5% Francos..... 27,8%
Caracterización del agua aplicada (la extraída de pozos se mezcla con la del trasvase, se	Trasvase Tajo-Segura (trasvase, desalación y depuración)..... 65%

indica el porcentaje de mezcla)	Extracciones de pozos.....35%
Destino de los efluentes, en su caso	Indican recirculación las dos explotaciones de cultivo hidropónico de pimiento
Programación del abonado (depende del cultivo y producción esperada)	Programación fija de abonado en función del cultivo y suelo..... 55,5% Programación con asistencia técnica (calculadora de nitratos, análisis de suelos)..... 44,6%
Abonos empleados	Nitrato amónico, sulfato amónico, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, fosfato biamónico, nitrato potásico, nitrato magnésico, ácido fosfórico, ácido nítrico, nitro-sulfato amónico, soluciones nitrogenadas líquidas, ácidos húmicos y fúlvicos, abonos “ecológicos” y soluciones NPK
Dosis y distribución a lo largo del ciclo de cultivo	El 83,3% indican que se abona en función de programas de fertilización (unos fijos y establecidos en función del desarrollo del cultivo y otros los calculan para su explotación, CE, análisis, etc). El resto indica que según la experiencia, sin superar lo establecido por la normativa. Casi el 100% de cultivo en suelo aplica abonado de fondo (orgánico o mineral) y aportaciones periódicas a lo largo del ciclo de cultivo por el gotero.
Medidas adoptadas para el cumplimiento de la Ley 3/2020, BPA y Zonas Vulnerables (Marco los que indican que conocen y aplican dicha normativa, además de las exigencias de los compradores. Algunos aplican varias normativas en paralelo o en distintos cultivos)	Cumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias (BORM 12/12/2003), balance de N y dosis de N recomendadas..... 83,3% Limitaciones zonas vulnerables (el límite de 170 kg/N ha N procedente del estiércol)..... 77,7% Empleo calculadora de Nitrógeno.....27,8% Emplean programas de fertirrigación (SIAM, fichas técnicas Consejería)..... 61,1% Emplean protocolos de abonado de casas comerciales (algunos ecológicos)..... 38,9% Emplean retenedores de agua y nutrientes (como polímeros minerales u orgánicos)..... 11,1%

De los resultados de las encuestas a agricultores y técnicos en sus explotaciones podemos destacar:

- Creciente sensibilización en la correcta aplicación del riego y fertilización.
- Introducción paulatina de dispositivos de control del riego (sensores humedad suelo, tensiómetros, sondas).
- Frecuente consulta de agricultores y técnicos a páginas como el SIAM y tablas de necesidades de abonado o de riego en publicaciones de la Consejería.
- Bajo consumo de agua en comparación con 4.500 m<sup>3</sup>/ha dotación media España.
- Se reporta que abonos como el nitrato cálcico o la urea han dejado de emplearse por las limitaciones de Zona vulnerable por su mayor solubilidad.
- Más del 80% emplean alguna medida de control de fertirrigación.

El grado de cumplimiento y sensibilización de la Ley 372020 es muy elevado, teniendo en cuenta que parte de las encuestas se realizaron en 2019, cuando aún no estaba desarrollada la normativa.

#### Objetivo 2. Dispositivos a instalar en las parcelas demostrativas.

Durante el año 2021 la instalación de dispositivos se realizó en el invernadero multicapilla del CIFEA, en el que se realizó el cultivo de varias especies de hortalizas.

Los dispositivos instalados han permitido comparar los métodos más adecuados de programación de riego y fertilización, habiendo instalado cubeta tipo A (2019), tensiómetros (2019), sondas de succión (2019 y 2020), FullStock (2021) y sondas de humedad volumétrica en suelo (2020 y 2021), que se ha visto como el método más práctico, por reportar los datos al ordenador on-line.

También se han cuantificado las pérdidas de nitratos en sondas a lo largo del ciclo de los cultivos, para lo que se ha dispuesto este año 2021 de sondas llamadas FullStock. Esto permite evaluar las prácticas agrícolas que contribuyen a la contaminación por nitratos en el cultivo.

Los datos de concentración de nitratos en las sondas FullStock, pH y CE se reflejan en el apartado 4.3 “medida de drenaje en sondas”.

#### Objetivo 3. Transferir a los agricultores y técnicos del sector los conocimientos obtenidos.

El cumplimiento de este objetivo requiere transferir al sector los resultados de la investigación, para lo que se ha llevado en varias ocasiones a los agricultores y técnicos a las parcelas demostrativas y

además enseñado los dispositivos concretos “*in situ*”. No solo se ha tratado de transferir lo que es bueno para reducir la contaminación por nitratos, sino se ha querido también de que vean lo que no se debe hacer y demostrarlo con datos objetivos. Por ejemplo la fertirrigación programada sin más por conductividades estándares da lugar a contaminación en un caso como el nuestro: suelos con elevada salinidad-fertilidad por cultivos reiterativos, conductividad importante en sondas con la consiguiente lixiviación, etc.

En las distintas visitas, realización de encuestas y jornadas se ha informado a agricultores y técnicos sobre aspectos como: las medidas que reducen el impacto ambiental y optimizan el riego y el abonado nitrogenado en los cultivos, los dispositivos que permiten controlar la fertirrigación y optimizarla, el seguimiento del programa orientativo de fertirrigación del SIAM, los efectos medioambientales y económicos de la falta de control del riego y el abonado, las actuaciones a realizar para el cumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias, las actuaciones a realizar para el cumplimiento de las limitaciones en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, las actuaciones a realizar para el cumplimiento de la Ley 3/2020 Mar Menor.

Objetivo 4. Elaboración de una memoria que indique las estrategias para reducir el drenaje de agua y la lixiviación de nitratos.

Esta memoria sobre recomendaciones de los distintos aspectos estudiados se elaborará más adelante, cuando se disponga de más datos, en especial sobre si el abonado mineral nitrogenado aplicado está dentro de los límites marcados por el Código de Buenas Prácticas, la dosificación adecuada del agua de riego en función del suelo y estado fenológico del cultivo, la sustitución de fertilizantes por otro menos solubles, como llevar el libro de control de los abonos nitrogenados aplicados, coste de los inputs por kilo de producto, etc.

## 5. CONCLUSIONES.

El uso de los dispositivos adecuados repercute directamente en un menor consumo de agua y fitosanitarios, sin ver mermadas las producciones del cultivo. Los dispositivos pretenden caracterizar y corregir los defectos de un mal empleo del riego y la fertilización para una gestión eficiente del agua de riego que nos permita optimizar su consumo, reducir los problemas derivados del exceso y/o falta de agua, mejorar la regulación del crecimiento vegetativo del cultivo, mantener la calidad de la producción y mejorar el control de la salinidad del suelo.

Los umbrales de riego establecidos para cada tipo de sensor se han mantenido constantes durante la campaña 2020/2021 y sirvió para comprobar que se estaba regando en exceso en ciertos periodos en que la demanda evapotranspirativa disminuía, generalmente por borrascas y tiempo nublado. Estimamos que el adecuado control de estas sondas nos ha permitido ahorrar un 20% de agua de riego en todo el ciclo de los cultivos.

En mayo de 2021 se realizó la instalación de los dispositivos FullStock, que permiten intuir de una manera directa el movimiento del agua en el suelo, existiendo buena correlación con los datos de los sensores, con lo que quedaría comprobada la bondad de estos dispositivos.

Se observa que la sobrefertilización se produjo en momentos puntuales, como el inicio del cultivo, con conductividades de hasta 7,56 microsiemens por cm, para estabilizarse después el abonado, dando conductividades en el entorno de 2 microsiemens por cm.

El dispositivo FullStock, así como cualquier sonda de succión sería adecuado tomando muestras de lixiviado a dos profundidades para el seguimiento del control del riego y por el contrario, el método de conductividades fijas para el abonado habría que desecharlo si no se tiene en cuenta algún parámetro más como la medida de las sondas, porque como hemos visto nos ha llevado a una sobrefertilización en el invernadero y a la consiguiente lixiviación.

En general, observamos que los sistemas de monitorización de la humedad en el suelo son herramientas muy útiles para mejorar la eficacia del modelo de programación de riego de la FAO, basado en su combinación con el uso de sensores de humedad del suelo.

Asimismo se ha comprobado la adecuada utilización de psicrómetros para controlar apertura de la ventilación lateral y cenital y de los ventiladores en base a la humedad relativa y no solo la temperatura del invernadero. Esto ha mejorado las condiciones ecológicas de las hortícolas y reducido las enfermedades fúngicas.

Con este proyecto se ha evidenciado que el uso de los dispositivos repercute directamente en un menor consumo de agua y fitosanitarios, sin ver mermadas las producciones del cultivo. Los dispositivos pretenden caracterizar y corregir los defectos de un mal empleo del riego y la fertilización.

## 6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.

A lo largo de la anualidad, se han realizado diversas actividades de divulgación, una jornada sobre el funcionamiento de los sensores de humedad del suelo y se han recibido varias visitas de Directivos y técnicos de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente en el contexto de medidas para el cumplimiento de la sostenibilidad ambiental del Mar Menor.

Estaba prevista una jornada con visitas de agricultores, interesados por la evolución del ensayo para aplicar a sus explotaciones, que no ha podido realizarse por la situación de la pandemia del coronavirus.

Toda la información del proyecto se encuentra disponible en la web del Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica [www.sftt.es](http://www.sftt.es).

## 7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.



Foto nº 18. Jornada técnica colocación sensores humedad suelo (03/12/2021)



Foto nº 19. Jornada técnica colocación sensores humedad suelo (03/12/2021).



Foto nº 20. Jornada técnica colocación sensores humedad suelo, ponencia (03/12/2021).

