

## INFORME ANUAL DE RESULTADOS

19CTP1\_1

Parcelas demostrativas de prácticas que permiten optimizar la fertirrigación en el Campo de Cartagena en cumplimiento del Decreto-Ley nº. 1/2017, de 4 de abril, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.

- Área:** AGRICULTURA
- Ubicación:** Torre Pacheco
- Coordinación:** Joaquín Navarro, CIFEA Torre Pacheco
- Técnicos:** José Méndez y Plácido Varó, CIFEA Torre Pacheco  
José Banegas, Profesor Educación

**Duración:** Enero - diciembre 2019

**Financiación:** A través del Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 2014-2020.



## Contenido

1. RESUMEN .....	3
2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN .....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS. ....	12
3.1. Cultivo, especies plantadas. ....	12
3.2. Ubicación del ensayo y superficie destinada. ....	15
3.3. Infraestructura y suministros necesarios. Dispositivos instalados. ....	16
3.4. Calendario de actuaciones. Fecha de plantación.....	22
3.5. Marco de plantación/densidad. ....	23
3.6. Características del agua y suelo. Análisis. ....	23
3.7. Datos climáticos. Incidencias: Estación próxima SIAM. ....	31
3.8. Preparación del suelo. Labores de cultivo. ....	33
3.9. Riegos y abonados. Consumo de agua y fertilizantes. ....	35
3.10. Tratamientos fitosanitarios. Incidencias fitopatológicas. ....	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. Controles en crecimiento vegetativo. ....	39
4.2. Medidas de la humedad del suelo mediante sensores.....	40
4.3. Riego y abonados. ....	47
4.3. Principales problemas del cultivo. ....	50
4.4. Resultados de divulgación.....	52

## 1. RESUMEN

A comienzos de la anualidad 2019 se estableció una parcela demostrativa en el interior de un invernadero en el CIFEA de Torre-Pacheco, consistente en el desarrollo de diversos cultivos hortícolas, con el objetivo de instalar dispositivos y utilizar los datos aportados para una gestión más eficiente de la fertirrigación. Básicamente se pretende evaluar el comportamiento de los dispositivos de control del riego y su facilidad o no de empleo por los agricultores y comprobar su adaptación a los invernaderos de la zona, dentro de las exigencias del Decreto-Ley 1/2017 de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor. Este Decreto se encuentra actualmente derogado por el Decreto-Ley 2/2019 de protección integral del Mar Menor, que en lo referido a esta memoria mantiene las mismas exigencias.

El uso de los dispositivos adecuados debe repercutir 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.

### TRABAJOS DESARROLLADOS

Se instalaron diversos dispositivos para el control del riego en otoño de 2019, realizando previamente análisis de suelos, aguas y bacterias y nematodos, que han puesto de manifiesto ciertas deficiencias en el suelo (exceso de humedad y zonas impermeables), que se han podido corregir con biosolarización y aporte de paja, arena, azufre y materia orgánica, operación que se hizo en verano.

Se procedió a realizar un cultivo con varias especies hortícolas para el ciclo de otoño-invierno, ya con dispositivos de control de riego en funcionamiento, pudiendo realizar la medición de humedad del suelo. El cultivo se retrasó por encharcamiento del invernadero debido a las inundaciones del pasado 12 y 13 de septiembre de 2019. Se han plantado las siguientes especies:

- Tomates híbridos comerciales, tipos `Cherry`, `Grueso`, tomate canario, `Raf-marmande`.
- Berenjena híbrida de invernadero.
- Pimiento California, Lamuyo y de bola autóctono.

- Puerro y cebolla tierna.
- Pepinos de diversas variedades.
- Guisantes y judías de enrame.
- Plantas de hoja: Acelgas y cilantro.
- Calabacín y perejil.

En el proceso de contactar con casas comerciales que proporcionan dispositivos de control de riego, así como con técnicos que llevan el control de la fertirrigación a agricultores de la Comarca, se ha llegado a la conclusión que hay que hay una serie de dispositivos que, aunque funcionan, no son operativos porque el agricultor acaba no manteniéndolos adecuadamente y pierden su eficacia.

Así, la cubeta evaporimétrica tipo A instalada en el interior del invernadero para la aplicación del método de la FAO al riego, es el método más exacto de programación al medir la evaporación real en el interior del invernadero; pero su coste es elevado y se hace necesario que el agricultor mida al menos semanalmente la evaporación y con ese dato re programe el riego de la semana siguiente, lo que es poco operativo para este colectivo. Bastaría con tener en cuenta el dato de que en el interior del invernadero al menos la evapotranspiración es un 20% menor que en el exterior (por el efecto del viento) y descontar ese porcentaje de los datos ofrecidos por las estaciones climáticas al aire libre.

La instalación de sensores de humedad y temperatura tipo Hobo con su correspondiente software para lectura con ordenador portátil obteniendo los datos directamente en parcela origina dos tipos de problemas. En primer lugar, la capacidad de almacenamiento de datos del Hobo, que no pasaba de 2-3 semanas, de manera que cuando se producía un atraso en tomar los datos, estos se perdían. En segundo lugar, la poca operatividad de esta toma de datos por parte del agricultor, que debe llevar el portátil al lugar dónde tiene instalados los sensores, no obstante, los datos tomados son plenamente válidos.

En lo que se refiere a los tensiómetros, se ha instalado varias baterías en parcelas del CIFEA a tres profundidades en leñosos y dos en hortícolas y, aunque dan una buena idea del estado de humedad del suelo, se han visto dos problemas principales. En primer lugar la necesidad de cierto mantenimiento, ya que en ocasiones entra aire y hay que hacer el vacío y en segundo lugar el hecho de que hay que ir a pie de parcela a ver el estado de la tensión en el suelo. No obstante, es un sistema económico y que da una buena idea de cómo está el perfil del suelo cuando se coloca a tres profundidades.

## SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO

Como mejor opción disponible se instaló en noviembre de 2019 un sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores con datalogger tipo Em y se colocaron tres sondas 10HS a tres profundidades, 10, 20 y 40 cm, con su correspondiente software. Los datos de la evapotranspiración potencial diaria son proporcionados por una estación climática en el exterior.

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 tener un nivel de prestaciones similares a las proporcionadas por los sensores TDR pero a un coste mucho menor, por tener una 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.

Con estos sensores es posible establecer los límites de Capacidad de Campo, Punto de Marchitez y por lo tanto conocer la humedad mínima aceptable para establecer la estrategia de riego. Aunque hay que tener en cuenta que los sensores FDR exploran un volumen de suelo limitado y su medida se ve influenciada por las condiciones del suelo situado en su inmediata proximidad, está investigado que minimizan el efecto de los cambios de temperatura y su recubrimiento también los de la salinidad. Programa el riego por el método de la FAO .

Como inconvenientes durante su instalación y manejo se ha comprobado que requieren un control continuo de los mismos por personal cualificado para evaluar y detectar posibles errores en las lecturas; por posibles problemas en la distribución del agua, por las conexiones del sensor o incluso por la propia dinámica del cálculo de la variable de salida del sensor (potencial del suelo o transformación del % de humedad volumétrica a % de agua útil), que afectaría al riego aplicado al cultivo.

Los umbrales de riego establecidos para cada tipo de sensor se han mantenido constantes durante la campaña salvo al principio en que no se tenía experiencia en el funcionamiento del dispositivo y sirvió para comprobar que se estaba regando en exceso y al final, en que por la aplicación de servicios mínimos por el estado de alarma a causa de la crisis sanitaria del coronavirus, se regó en exceso al dejarlo programado y no tener en cuenta la presencia de una borrasca que duró varios días.

En general, se han mostrado adecuados para manejar el riego en este cultivo, teniendo en cuenta que la tolerancia del cultivo a la cantidad de agua disponible en el suelo varía durante su desarrollo, y por ello que el sistema de riego basado en sensores empleado en este ensayo podría ser mejorado ajustando los umbrales de riego a las necesidades del cultivo en cada una de sus fases.

Concluimos que los sistemas de monitorización de la humedad en el suelo son herramientas muy útiles para conocer la humedad del suelo en todo momento y más prácticas que los otros dispositivos ensayados. El principal inconveniente ha sido el elevado coste inicial (1.500 € un datalogger con 3 sensores y caudalímetro) y la necesidad de apoyo técnico (un coste de mantenimiento de al menos 500 € al año).

Hay que seguir probando tipos de sensores y analizar el que resulta más apropiado, conocer las variables que pueden influir en las lecturas (que dependen de las cualidades físico-químicas del suelo, del movimiento del agua y de las características técnicas del sensor y los factores asociados a su instalación), definir los criterios a emplear durante su instalación (tipo y posición), analizar las lecturas considerando los límites de precisión y evaluar el origen de posibles discrepancias que pueden aparecer estableciendo si se deben a errores de funcionamiento del sistema o limitaciones que tiene el sistema para medir los diferentes parámetros.

## 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.

Con todo, existe una coincidencia sustancial en la comunidad científica sobre la necesidad de adoptar con urgencia medidas para evitar las principales afecciones al Mar Menor. El Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, en diversos apartados de su «Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor», de 13 de febrero de 2017, considera la contaminación por nitratos, que afecta también al acuífero Cuaternario, como uno de los factores que ha contribuido al desequilibrio ambiental del Mar Menor, sin minusvalorar la contaminación por metales pesados o la procedente de aguas de escorrentías. En este sentido, cabe señalar que la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario, traspuesta al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 26/1996, de 16 de febrero, impone a los estados miembros la designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, la elaboración de un código de buenas prácticas agrarias y la confección de programas de actuación. Buena parte del Campo de Cartagena ha sido declarado como Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos y le es de aplicación el programa de actuación aprobado por la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente.

No obstante, resulta necesario y urgente intensificar las acciones de protección, procurando una mayor sostenibilidad ambiental de las actividades que se realizan en el entorno del Mar Menor, motivo por el cual se aprobó el Decreto-Ley nº. 1/2017, de 4 de abril, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor, actualmente derogado por el Decreto-Ley 2/2019 de protección integral del Mar Menor; pero que en esencia mantiene los objetivos que hemos planteado en nuestras parcelas demostrativas.

El decreto-Ley 1/2017 establecía 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.

Además, la Región de Murcia muestra históricamente una escasez de recursos hídricos que está cifrado en 400 hm<sup>3</sup> según la previsión actual del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura 2015-2021 aprobada por el RD 1/2016 del 8 de Enero. Dada la importancia de la agricultura en la Región de Murcia y a la necesidad de reducir el consumo de un recurso tan limitado como el agua, se hace necesaria la adopción de nuevas tecnologías de riego que permitan uso más eficiente del agua de la que disponemos para evitar el consumo innecesario de la misma.

Por todo ello se consideraba necesario ayudar a los agricultores en el cumplimiento del Decreto-Ley de medidas urgentes en el Mar Menor, mediante unas parcelas de demostración tecnológica, con el objetivo de materializar los resultados de investigaciones sobre el manejo adecuado del riego y la fertilización, lo que se materializará en una instalación demostrativa para los agricultores y técnicos.

Este proyecto, por lo tanto, pretende constituir la materialización de los resultados previos de proyectos de investigación aplicada al ahorro de agua y fertilizantes y supone la instalación de unas parcelas de demostración para la aplicación de técnicas conocidas al respecto. Se pretende que los agricultores que nos visiten 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, los plaguicidas que más contaminan, el efecto de diversos sistemas de cultivo sobre la producción, la fisiología de los cultivos, la posibilidad de lucha biológica, etc. Asimismo se estudiarán todos los aspectos relacionados con la legislación vigente a aplicar, como son el Código de Buenas Prácticas Agrarias, el Decreto-Ley 1/2017 de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor (derogada por el Decreto-Ley de protección Integral del Mar Menor) y la normativa de las Zonas Vulnerables.

Esta visión global y el protocolo de cumplimiento de la normativa hay que darlos a conocer a los agentes del sector por el establecimiento de una parcela demostrativa “in situ” dónde se contemplen todos los aspectos estudiados.



El actual Decreto-Ley 2/2019 contempla en su capítulo V las medidas de ordenación y gestión agrícola exigibles para la protección integral del Mar Menor. En lo que nos concierne en el invernadero objeto de ensayo, se desarrolla la limitación de los ciclos de cultivo y rotación de cultivos en el artículo 39, las limitaciones en el uso de fertilizantes minerales en el artículo 40, la limitación en el uso de materiales orgánicos en el 42 y la aplicación obligatoria de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (artículo 48).

Hay además unas medidas adicionales aplicables a las explotaciones agrícolas situadas en la Zona 1, en la que sólo se permite secano, agricultura ecológica de regadío, sistemas con recirculación de nutrientes o agricultura sostenible de precisión. Es precisamente la agricultura sostenible de precisión la que pretendemos aplicar en el invernadero, entendiendo como tal aquella que emplea el mínimo de nutrientes y es capaz de sincronizar su disponibilidad con absorción por los cultivos, mejorando el microbioma del suelo y minimizando los riesgos de lixiviación de nutrientes y emisión de gases de efecto invernadero.

En esta anualidad 2019 se ha dar cumplimiento a las limitaciones adicionales para la Zona 1 relativas al riego (artículo 53 del Decreto-Ley 1/2019), en cuanto se han instalado sensores de humedad de apoyo para la gestión eficiente del agua en todo el perfil del suelo afectado por el riego. La reducción del riego ha supuesto también una reducción de la fertilización, asociada al mismo, si bien se deja para la próxima anualidad el control de la aplicación de abonado mineral a base de inhibidores de la nitrificación.

**LOS OBJETIVOS QUE SE PLANTEARON EN LA MEMORIA INICIAL DE ACTUACIONES 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 pretende caracterizar la zona de estudio, determinando la parte de la Zona Vulnerable dónde existe más densidad de cultivos, para relacionar el posible efecto de esta concentración de cultivos intensivos con la contaminación de los acuíferos subterráneos y superficiales. Se consultarán los datos bibliográficos y los estudios de contaminación por nitratos en acuíferos profundos de la Universidad de Murcia, encargada por la Comunidad Autónoma del seguimiento de las zonas vulnerables y los datos sobre vertidos al Mar Menor en acuíferos superficiales del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C.S.I.C.).

Se contactará además con varias empresas hortícolas de la Región para realizar dicha caracterización y que permitan conocer las prácticas que se realizan en los cultivos más representativos de la Comarca y adquirir una base de datos sobre los consumos medios reales de los agricultores de la zona en especial de fertilizantes, agua y fitosanitarios.



Foto nº 1. Hortícolas obtenidas en el invernadero donde se desarrollan los ensayos. Cosecha compañía 2018-2019 (12/03/2019).

Se prevé realizar para ello en las distintas anualidades encuestas a agricultores para caracterizar bien estos aspectos medioambientales de las explotaciones, conteniendo las mismas los siguientes datos:

- Sistema de riego empleado, métodos de programación del riego en frecuencia y cantidad de agua aplicada.
- Programación del abonado, abonos empleados y su dosis y distribución a lo largo del ciclo de cultivo.
- Descripción de las instalaciones, del sistema de riego y del sistema de cultivo empleado.
- Caracterización de los suelos, del agua aplicada, del destino de los efluentes, en su caso.
- Medidas adoptadas para el cumplimiento de la Ley 1/2018, BPA y Zonas Vulnerables.

Objetivo 2. Dispositivos a instalar en las parcelas demostrativas.

Durante el año 2019 la instalación de dispositivos se hizo en un invernadero multicapilla del CIFEA, en el que se realizó un cultivo de varias especies de hortícolas. El elevado rendimiento de los cultivos de invernadero dentro de las orientaciones productivas presentes en la agricultura murciana está determinado por la incorporación masiva de tecnologías avanzadas, sin embargo, la tendencia actual plantea el empleo de técnicas menos agresivas para el medioambiente.

Los dispositivos instalados y los que aún quedan por instalar pretenden comparar métodos de programación de riego y fertilización en campo provenientes de distintas fuentes (estaciones, cubeta A, lixiviado en sondas de succión, sondas de humedad), para permitir identificar los métodos más sencillos y eficaces que permitan optimizar la fertirrigación en este tipo de cultivos.

También se pretende cuantificar las pérdidas de nitratos en sondas a lo largo del ciclo de los cultivos, para lo que se dispone de sondas de succión y otro tipo de sondas con datalogger. Esto permitirá evaluar las prácticas agrícolas que contribuyen a la contaminación por nitratos en el cultivo.

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

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 necesita llevar a los agricultores y técnicos a las parcelas demostrativas y además enseñar con dispositivos concretos que los resultados sobre contaminación son coherentes.

Se pretende informar a agricultores y técnicos sobre:

- 1) Las medidas que reducen el impacto ambiental y optimizan el riego y el abonado nitrogenado en los cultivos.
- 2) Los dispositivos que permiten controlar la fertirrigación y optimizarla. Seguimiento del programa orientativo de fertirrigación del SIAM.
- 3) Los efectos medioambientales y económicos de la falta de control del riego y el abonado.
- 4) Las actuaciones a realizar para el cumplimiento del Código de Buenas Prácticas Agrarias.

- 5) Las actuaciones a realizar para el cumplimiento de las limitaciones en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos.
- 6) Las actuaciones a realizar para el cumplimiento del Decreto-Ley del Mar Menor.

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

Este manual se referirá a cualquier cultivo en general, aunque se haya planteado esta primera anualidad la parcela demostrativa en invernadero, que se podrá extender a cultivos al aire libre en años posteriores y se adaptará a los diversos tipos de explotaciones estudiadas, que deben abarcar la mayoría de las existentes en la Comarca. Se establecerán recomendaciones sobre los distintos aspectos estudiados, por lo que es posible que el manual no se pueda completar en la primera anualidad.

El Programa de actuación en las Zonas Vulnerables, en cumplimiento de la Directiva 91/676/CEE y el Real Decreto que la desarrolla 261/1996, obliga a facilitar el ajustado cálculo de las necesidades de abono y riego, a realizar la difusión de estas prácticas, a divulgar las posibles alternativas que reduzcan la emisión de nitratos, a realizar programas de vigilancia de la calidad de las aguas utilizadas para riego, etc. (B.O.R.M., 31/12/2003). Uno de los objetivos de este proyecto es el seguimiento de la puesta en marcha estas actuaciones.

Se establecerá en el manual la mayor o menor facilidad de adaptarse a estas normas en los distintos aspectos estudiados, por ejemplo, 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 otros menos solubles, como llevar el libro de control de los abonos nitrogenados aplicados, coste de los inputs por kilo de producto, etc.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### 3.1. Cultivo, especies plantadas.

La actividad de demostración consiste en el establecimiento en el CIFEA de Torre-Pacheco de las parcelas que permitan demostrar a los agricultores y técnicos de cooperativas técnicas para el control de aportaciones nitrogenadas y de agua de riego. En 2019 se ha llevado a cabo el

establecimiento de dispositivos en un invernadero de 600 m<sup>2</sup> con varias plantas hortícolas del ciclo otoño-invierno y también colateralmente se han instalado sondas en un cultivo hidropónico de berenjena bajo invernadero y en un cultivo de almendro.

La parcela demostrativa planteaba incluir los sistemas de control conocidos para que los agricultores adapten los que más les convengan en su explotación, entre lo que se pueden encontrar: sondas para la medida de humedad en el suelo, cubeta tipo A de la FAO para la programación del riego, tensiómetros, sondas de succión, parcelas en lucha biológica, programación comprobada del abonado, 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.

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 se han realizado dos cultivos de este ciclo de otoño-invierno, ambos de varias hortícolas bajo invernadero en un invernadero multicapilla del CIFEA: pimiento, berenjena, tomate, judías, puerro,.... Se han colocado dispositivos también en otros cultivos existentes en el CIFEA, fuera de este ensayo, como almendros al aire libre y berenjena bajo invernadero en hidropónico. En años posteriores se trasladarán los ensayos a otras parcelas, bien en invernadero o bien al aire libre, en función de los resultados.

Los cultivos que se desarrollaron entre noviembre de 2018 y junio de 2019, y que han ocupado una superficie de unos 600 m<sup>2</sup> son:

- Tomates híbridos poco sensibles al virus de la cuchara, como `Kumato´, `Kumato cherry´, tomate canario, `Raf-marmande´.
- Berenjena autóctona de Cieza.
- Pimiento California rojo y naranja y Lamuyo `Oaxaca´.
- Calabacines de diversas variedades.
- Guisantes y judías de enrame.
- Plantas de hoja: Acelgas, perejil y apio.



Foto nº 2. Invernadero donde se desarrollan los ensayos, tomate y judía de enrame (12/03/2019).



Foto nº 3. Hortícolas obtenidas en el invernadero donde se desarrollan los ensayos.

Cosecha campaña 2018-2019 (12/03/2019).

Se pretende tener la máxima variabilidad de especies dentro del reducido espacio del invernadero, lo que contribuye también al objetivo de rotación de cultivos. Los cultivos que se desarrollaron entre diciembre de 2018 (que empezaron más tarde por los efectos de la DANA de 13-14 septiembre de 2018) y junio de 2019 (aún sin terminar a la fecha de este informe) ha sido:

- Tomates híbridos comerciales, tipos `Cherry`, `Grueso`, tomate canario, `Raf-marmande`.
- Berenjena híbrida de invernadero.
- Pimiento California, Lamuyo y de bola autóctono.
- Puerro y cebolla tierna.
- Pepinos de diversas variedades.
- Guisantes y judías de enrame.
- Plantas de hoja: Acelgas y cilantro.

### 3.2. Ubicación del ensayo y superficie destinada.

El proyecto está ubicado en el CIFEA de Torre-Pacheco.



Figura nº 1. Plano del CIFEA de Torre-Pacheco y ubicación del ensayo en esta anualidad 2019-2020.

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

Colateralmente se han instalado dispositivos de control del riego en parcelas del CIFEA fuera del ensayo, concretamente en un cultivo hidropónico de berenjena de 400 m<sup>2</sup> de invernadero y en una parcela de 600 m<sup>2</sup> de ensayo de patrones de almendro en cultivo intensivo, cuyos resultados se indican en las memorias del cultivo del almendro.

### 3.3. Infraestructura y suministros necesarios. Dispositivos instalados.

#### INFRAESTRUCTURA

- Nave-almacén.
- Oficina.
- Motocultor de 25 C.V.
- Red de riego con tuberías independiente para cada sector de riego.
- Instalación de riego por goteo.
- Cabezal de riego automático.
- Estación meteorológica al aire libre.
- Electrificación general.
- Una parcela de 50 m<sup>2</sup>.
- 6 sondas de humedad y su correspondiente datalogger.
- Caudalímetro para medida consumos de agua.
- 6 sondas de succión para su análisis con espectrofotómetro.
- Dos baterías de tensiómetros a tres profundidades.







Foto nº 4. Colocación de sondas de humedad en saco de fibra de coco para hidroponía (08/11/2019).

#### SUMINISTROS

- Semilla o planta.
- Energía eléctrica.
- Agua.
- Fertilizantes.
- Fitosanitarios.
- Combustible.
- Material de riego.
- Herramientas.

#### DISPOSITIVOS INSTALADOS

Las parcelas demostrativas pretenden materializar los resultados de investigaciones en lo que se refiere a la optimización del riego y el abonado, por lo que han contado en la primera anualidad con los siguientes aparatos y dispositivos, cuya instalación se realizó a la vez que se inició el cultivo:

- Instalación de 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 hortícolas en suelo, con su correspondiente software de transmisión de datos y placa solar de alimentación. En los primeros momentos de la instalación demostró la presencia de excesiva humedad en capas más profundas del perfil del suelo, aun estando seca la superficie, por lo que se redujo drásticamente el riego de esas primeras etapas.



Foto nº 5. Sensores, caudalímetro, datalogger, transmisor de datos y placa solar (05/12/2019).



Fotos nº 6 y 7. Caudalímetro para tubería portagoteros y colocación de sensores a dos profundidades.

- Instalación de sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores HS con datalogger tipo Em, caudalímetro y dos sondas en saco de fibra de coco en el interior del invernadero de berenjena hidropónico, con su correspondiente software de transmisión de datos y placa solar de alimentación.



Foto nº 8. Colocación datalogger y transmisor de datos en invernadero hidropónico (08/11/2019).

#### DISPOSITIVOS PENDIENTES DE INSTALAR

De probada eficacia, hay otra serie de dispositivos que están pendientes de instalar en próximas anualidades y que no se han podido en 2019 por razones logísticas, con el objeto de conseguir una agricultura sostenible de precisión, y otras actuaciones pendientes que son:

- 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). Pretende demostrar al agricultor lo sencillo del empleo de esta técnica, ya que se puede analizar con un simple conductivímetro de bolsillo. Está pendiente en el CIFEA la puesta a punto del espectrofotómetro para la medida de los nitratos.
- Utilización adecuada de la ventilación lateral y cenital, para la mejora de las condiciones ecológicas de las hortalizas y la suficiencia del adecuado empleo de estas técnicas para evitar la necesidad de calefacción. Pretende demostrar al agricultor la posibilidad de programar el riego por radiación y la importancia de controlar los factores climáticos dentro del invernadero

para tratar de reducir el efecto del frío, los golpes de sol, etc. mediante la pantalla térmica, las ventilaciones, el blanqueo del invernadero

- Cuaderno de campo dónde se contemplen todas las actuaciones realizadas respecto al cumplimiento de la normativa vigente.
- Dispositivos como FullStock para la observación rápida del estado de humedad del suelo.

#### DISPOSITIVOS QUE SON POCO PRÁCTICOS PARA EL AGRICULTOR

En el proceso de contactar con casas comerciales que proporcionan dispositivos de control de riego, así como con técnicos que llevan el control de la fertirrigación a agricultores de la Comarca, se ha llegado a la conclusión que hay una serie de dispositivos que, aunque funciona, no son operativos porque el agricultor acaba no manteniéndolos adecuadamente y pierden su eficacia y que por ello no se han instalado. Se indica aquí las dificultades que nos hemos encontrado:

- Cubeta evaporimétrica tipo A dentro del invernadero. Dicha cubeta sirve para la medida directa de la Epan y el cálculo del riego por el método de la FAO. Pretendía demostrar al agricultor que los datos derivados de estaciones fuera del invernadero y fácilmente accesibles de las estaciones climáticas están sobrevalorados para el interior de los invernaderos (dónde no actúa el efecto del viento) y por ello al considerarlos se riega en exceso. Aparte de su elevado coste, se hace necesario que el agricultor mida al menos semanalmente la evaporación y con ese dato re programe el riego de la semana siguiente y eso es poco operativo para este colectivo. Bastaría con tener en cuenta el dato de que en el interior del invernadero al menos la evapotranspiración es un 20% menor que en el exterior (por el efecto del viento) y descontar ese porcentaje de los datos ofrecidos por las estaciones climáticas al aire libre.
- Instalación de sensores de humedad y temperatura tipo Hobo con su correspondiente software para lectura con ordenador portátil obteniendo los datos directamente en parcela. Se instalaron varios de estos equipos Hobo, más sencillos que los datalogger, en parcelas del CIFEA y se observaron dos tipos de problemas. En primer lugar, la capacidad de almacenamiento de datos del Hobo, que no pasaba de 2-3 semanas, de manera que cuando se producía un atraso en tomar los datos, estos se perdían. En segundo lugar, la poca operatividad de esta toma de datos por parte del agricultor, que debe llevar el portátil al lugar

dónde tiene instalados los sensores y extraer los datos. Por la poca operatividad se ha descartado en las parcelas demostrativas, no obstante, los datos tomados son plenamente válidos.



Foto nº 9. Dispositivo Hobo y sensores para obtención de datos de humedad en suelo.

- Instalación adecuada de las tuberías portagoteros y goteros y de baterías de tensiómetros. Pretende demostrar al agricultor como se realiza una instalación de manera adecuada para distribuir uniformemente el riego, disponer de la frecuencia correcta y reducir las pérdidas. En lo que respecta a las tuberías portagoteros y goteros, se ha podido constatar cómo tanto los agricultores como las empresas de instalación de riego tienen amplia experiencia en esto (distribución de secundarias, tipos de goteros, caudal más adecuado, marcos de plantación...), no obstante, la Región de Murcia es de las más adelantadas en el uso de estos sistemas.

En lo que se refiere a los tensiómetros, se ha instalado varias baterías en parcelas del CIFEA a tres profundidades en leñosos y dos en hortícolas y, aunque dan una buena idea del estado de humedad del suelo, se han visto dos problemas principales. En primer lugar la necesidad de cierto mantenimiento, ya que en ocasiones entra aire y hay que hacer el vacío y en segundo lugar el hecho de que hay que ir a pie de parcela a ver el estado de la tensión en el suelo. No obstante, es una sistema económico y que da una buena idea de cómo está el perfil del suelo cuando se coloca a tres profundidades.



Foto nº 10. Tensiómetro para el control de la humedad del suelo.

### 3.4. Calendario de actuaciones. Fecha de plantación.

El calendario ejecutado de actuaciones durante la anualidad 2019, que comprende la finalización de los cultivos de otoño-invierno 2018-2019 y el comienzo de los cultivos de 2019-2020 ha sido el siguiente:

Fase del proyecto	Año	En	Fb	Mr	Ab	My	Jun	Jul	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc
<b>Actividad de divulgación</b>													
Informe inicial.	2019	■											
Informe anual de resultados.	2019												■
Actividad demostración. Visita agricultores y técnicos a parcela demostración y jornada instalación dispositivos.	2019			■	■								■
<b>Actividad de demostración</b>													
Preparación parcela (Estercolado, corte de tierra) y semillero	2019										■	■	■
Colocación de dispositivos para ahorro de agua y abonado	2019										■	■	■
Riego, abonado	2019	■	■	■	■	■							
Seguimiento y control de plagas	2019	■	■	■	■	■							
Plantación	2019												
Recolección	2019		■	■	■	■							
Toma de datos	2019	■	■	■	■	■						■	■

### 3.5. Marco de plantación/densidad.

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 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>. En otros casos como el perejil hay entre 6 y 8 plantas por m<sup>2</sup>.



Foto nº 11. Marco de plantación berenjena, judía, tomate, cilantro, pepino, puerro y pimiento al fondo del invernadero. Cosecha compañía 2019-2020 (05/12/2019).

### 3.6. Características del agua y suelo. Análisis.

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, más una pequeña parte de aguas depuradas.

Determinaciones (Parameters)	Resultado	Incertidumbre	Equivalencias (Equivalency)		LC
	(Result)	mg/l	(Uncertainty)	meq/l	mmol/l
Sodio (Na)	122	± 12	5.30	5.30	5.0 (mg/l)
Potasio (K)	6.18	± 0.53	0.158	0.158	1.0 (mg/l)
Calcio (Ca)	52.9	± 4.5	2.65	1.32	5.0 (mg/l)
Magnesio (Mg)	28.7	± 2.4	2.36	1.18	5.0 (mg/l)
Boro (B)	0.501	± 0.044	0.0463	0.0463	0.05 (mg/l)
*Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	193		5.44	5.44	5.0 (mg/l)
*Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	148		3.08	1.54	5.0 (mg/l)
*Carbonatos (CO <sub>3</sub> 2 <sup>-</sup> )	< 5.0		< 0.167	< 0.0833	5.0 (mg/l)
*Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> -)	118		1.93	1.93	5.0 (mg/l)
*Nitratos (NO <sub>3</sub> )	6.14		0.0990	0.0990	1.0 (mg/l)
*Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>4</sub> )	< 0.10		< 0.00556	< 0.00556	0.1 (mg/l)
Fosfatos (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0.548	± 0.049	0.00565	0.00565	0.31 (mg/l)
DETERMINACIONES POTENCIOMÉTRICAS					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	
pH (a 22.4°C)	8.1		± 0.2	N.D.	
Conductividad Eléctrica (a 25°C)	1.11	(mS/cm)	± 0.11	0.15 (mS/cm)	
OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	
*Sales Solubles Totales (TDS)	724	(mg/l)		N.D.	

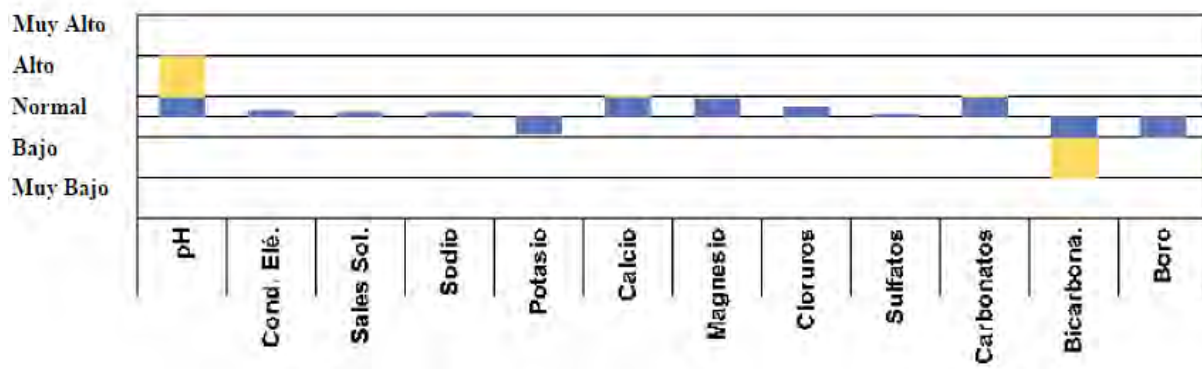
ÍNDICES (Indicators)					
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
*Sales Solubles	0.67	(g/l)	*SAR Ajustado	4.92	
*Presión Osmótica	0.40	(atmósferas)	*Índice de Scott	10.59	
*Punto de congelación	-0.03	(°C)	*Índ. de Saturación de Langelier	0.18	
*Dureza	25.06	(° Franceses)	*Alcalinidad a eliminar	2.89	(meq/l)
*pH Corregido (pH <sub>c</sub> )	7.93		*Alcalinidad P	96.72	(ppm CaCO <sub>3</sub> )
*Carbonato Sódico Residual (C.S.R.)	-3.08	(meq/l)	*Alcalinidad M	< 4.17	(ppm CaCO <sub>3</sub> )
*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	3.35		*Índice de Ryzner	7.75	

Tabla nº 1. Análisis de agua del Trasvase Tajo-Segura en el año 2019.

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).

**3.- TOXICIDAD POR BORO**

El nivel de este microelemento es normal.

**4.- CONTAMINACIÓN POR NITRÓGENO**

Debido a su procedencia, un agua de riego puede tener cierta concentración de Nitrógeno, como es el caso de las aguas de pozo. Para esta agua, la cantidad de Nitrógeno es baja.

**5.- ÍNDICES**

ÍNDICE	VALOR	CALIFICACIÓN
S.A.R. (Relación de Adsorción de Sodio)	3.35	BAJO
S.A.R. Ajustado	4.92	BAJO
pHc	7.93	
C.S.R. (Carbonato Sódico Residual)	-3.08	ACEPTABLE
DUREZA (°Franceses)	25.06	SEMIDURA
ÍNDICE DE SCOTT (Coeficiente Alcalimétrico)	10.59	CALIDAD TOLERABLE
ALCALINIDAD A ELIMINAR (meq/litro)	2.89	

Tabla nº 2. Índices del agua del Trasvase Tajo-Segura empleada en el año 2019.

## 6.- NUTRIENTES DISPONIBLES CON EL AGUA

NUTRIENTE	APORTES AGUA DE RIEGO	CANTIDAD APORTADA POR 1.000 M <sup>3</sup> DE RIEGO	APORTES DEL SUELO	APLICACIÓN EN FERTILIZACIÓN
Nitrógeno	INSIGNIFICANTE	-	SI	SI
Fósforo	INSIGNIFICANTE	-	SI	SI
Potasio	SI	7.4 Kg. de K <sub>2</sub> O	SI	SI
Calcio	SI	74.0 Kg. de CaO	SI	NORMALMENTE NO
Magnesio	SI	47.7 Kg. de MgO	SI	NORMALMENTE NO
Boro	SI	0.50 Kg. de B	SI	DEP. CULTIVO

Tabla nº 3. Principales características del agua de riego.

## 7.- CONSIDERACIONES FINALES

Para determinar la calidad de esta agua para riego, se han tenido en cuenta los valores del Índice de Scott y de la conductividad eléctrica (C.E).

-Si el Índice de Scott es superior a 8 y la conductividad es menor de 2, se considerará que el agua es de buena calidad.

-Si el Índice de Scott es menor de 6 y la conductividad es mayor de 3, se considerará que el agua es de mala calidad.

-En cualquier otro caso se considerará que el agua es de calidad media.

En este caso el valor del Índice de Scott es de 10,59 y el valor de la conductividad eléctrica es 1,11, por lo que el agua es de buena calidad.

## 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 2/2019 de Protección Integral de Mar Menor.

Asimismo, el observar una relación C/N baja ha indicado la necesidad de aportar paja para la mejora de la estructura del suelo, que daba lugar a encharcamientos, y de esa relación, lo que se ha llevado a cabo en el proceso de solarización.

Las principales características del suelo se reflejan en la siguiente tabla:

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)			N.D.
pH (a 28.6°C)	7.4		(1)	5.0
*Color	10 YR 5/3 Marrón			N.D.
SALINIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	> 6.0	(mS/cm)	(1)	0.14 (mS/cm)
*Cloruros (en el extracto acuoso)	30.9	(meq/l)	(1)	0.29 (meq/l)
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	31.9	(meq/l)	(1)	0.21 (meq/l)
*Sodio (en el extracto acuoso)	24.8	(meq/l)	(1)	N.D.
*Sodio asimilable	1350	(mg/kg)	(1)	N.D.
*Bicarbonatos	1.2	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
FERTILIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2910	(mg/kg de N)	(1)	0.45 (mg/kg de N)
*Fósforo Asimilable	464	(mg/kg)	(1)	1.0 (mg/kg)
*Potasio (en el extracto acuoso)	16.9	(meq/l)	(1)	0.01 (meq/l)
*Calcio (en el extracto acuoso)	82.0	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
*Magnesio (en el extracto acuoso)	45.0	(meq/l)	(1)	0.05 (meq/l)
*Potasio Asimilable	2430	(mg/kg)	(1)	N.D.
*Calcio asimilable	6530	(mg/kg)	(1)	N.D.
*Magnesio asimilable	1650	(mg/kg)	(1)	N.D.
Materia Orgánica	4.30	(%)	(1)	0.6 (%)
*Carbono Orgánico	2.49	(%)	(1)	0.35 (%)
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Calcio de cambio	16.2	(meq/100g)		0.05 (meq/100g)
*Magnesio de cambio	4.6	(meq/100g)		0.05 (meq/100g)
*Potasio de cambio	2.82	(meq/100g)		0.01 (meq/100g)
*Sodio de cambio	0.926	(meq/100g)		0.01 (meq/100g)
*Capacidad de cambio	24.5	(meq/100g)		N.D.
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Hierro asimilable	0.267	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)
*Boro asimilable	2.62	(mg/kg)	(1)	0.2 (mg/kg)
*Manganeso asimilable	27.3	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)
*Cobre asimilable	0.506	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)
*Zinc Asimilable	17.4	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)
*Caliza total	30.4	(%)	(1)	0.5 (%)
*Caliza activa	12.5	(%)	(1)	0.5 (%)
DETERMINACIONES OPCIONALES				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Nitrógeno total	0.436	(%)	(1)	0.02 (%)
ÍNDICES (Indicators)				
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)
*Densidad aparente	1.29	(g/cc)	*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	3.11
*Relación Carbono/Nitrógeno	5.72		*Porcentaje de saturación de sodio	3.78
*Porcentaje de saturación		(g/kg)	*Capac.Ret. de Agua Disponible(CRAD)	0.0904
*Capacidad de Campo (CC)	14.50	(% suelo seco)	*Punto de Marchitez Permanente (PMP)	7.48
*Intervalo de humedad disponible	7.02	(% suelo seco)		

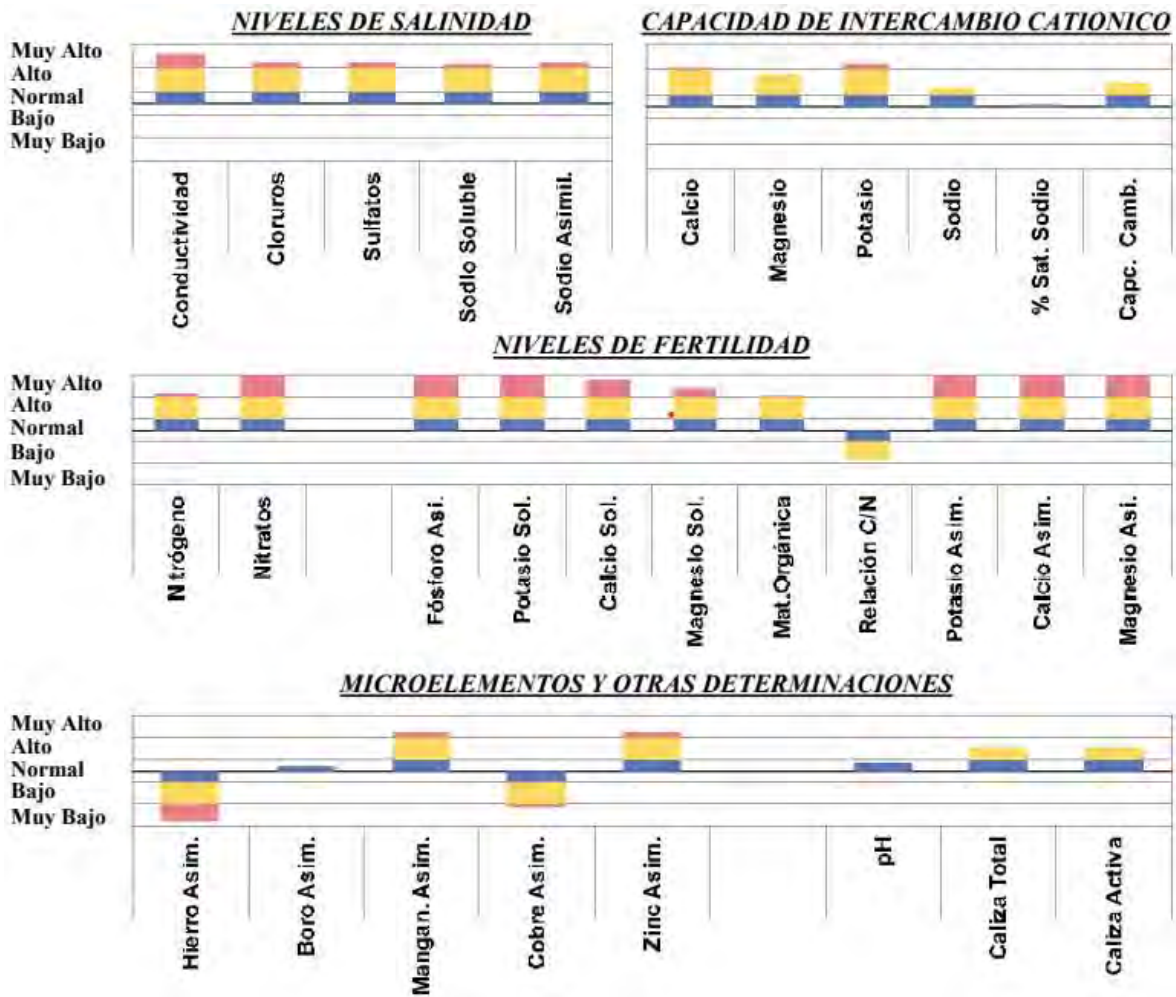
Tabla nº 4. Principales características del suelo dónde se ubica el ensayo.

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



Figura nº 1. Distribución de la textura del suelo.

**1.- NIVELES EN EL SUELO**



2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA)

DETERMINACIÓN						NIVELES
pH	7.40					6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica	> 6.0 (mS/cm)					0.75 - 1.50
S.A.R.	3.11					<10
Elementos en el extracto	Resultado informe		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	31.9 (meq/l)	11851.49 Kg/Ha	1531.20	31.90	15.95	< 2
Cloruros	30.9 (meq/l)	8490.39 Kg/Ha	1096.95	30.90	30.90	< 3
Nitratos	2910 (mg/kg de N)	11269.44 Kg(N)/Ha	6448.00	104.00	104.00	1.50 - 4
Sodio	24.8 (meq/l)	4414.90 Kg/Ha	570.40	24.80	24.80	< 3
Potasio	16.9 (meq/l)	6137.42 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha	660.79	16.90	16.90	0.75 - 2
Calcio	82.0 (meq/l)	17771.04 Kg(CaO)/Ha	1640.00	82.00	41.00	1 - 2
Magnesio	45.0 (meq/l)	7019.87 Kg(MgO)/Ha	546.75	45.00	22.50	0.63 - 2
Fósforo						

- **Concentración de Sales**, presenta niveles **muy altos** en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- **Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua)**, **15.9 mmho/cm** califican este suelo como **muy salino** (mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- **pH (reacción del suelo)**. Alcanza un nivel **normal**.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C.)

DETERMINACIÓN	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
<b>C.I.C.(suma de cationes)</b>	24.50	<b>10 - 20</b>			ALTO	-
<b>Calcio</b>	16.20	<b>6 - 10.50</b>	3240.00	66.12	MUY ALTO	17589.43 Kg(CaO)/Ha
<b>Magnesio</b>	4.60	<b>1.30 - 3</b>	558.90	18.78	ALTO	3589.12 Kg(MgO)/Ha
<b>Potasio</b>	2.82	<b>0.50 - 0.90</b>	1102.62	11.51	MUY ALTO	5120.57 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha
<b>Sodio</b>	0.93	<b>&lt; 0.50</b>	212.98	3.78	ALTO	824.23 Kg/Ha
<b>Relación Calcio/Magnesio</b>	3.52	<b>1 - 10</b>			NORMAL	-
<b>Relación Potasio/Magnesio</b>	0.61	<b>0.20 - 0.50</b>			ALTO	-
<b>Saturación Sodio (%)</b>	3.78	<b>&lt; 7</b>			NORMAL	-

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- **Saturación de Sodio** (mide el grado de sodificación del suelo), **3.78%**, clasifica este suelo como **normal** (menor de 7).

#### 4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES

<b>MICROELEMENTOS ASIMILABLES</b>		<b>ÓPTIMO</b>		
BORO (ppm):	2.62	1.50 - 3	NORMAL	10.14 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	0.27	2 - 4	MUY BAJO	1.03 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	27.30	1 - 3	MUY ALTO	105.65 Kg/Ha
COBRE (ppm):	0.51	1.20 - 2	MUY BAJO	1.96 Kg/Ha
ZINC (ppm):	17.40	1.25 - 2.50	MUY ALTO	67.34 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):				
<b>MACROELEMENTOS ASIMILABLES</b>		<b>ÓPTIMO</b>		
FÓSFORO (ppm):	464.00	25 - 45	MUY ALTO	4112.11 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	1350.00	< 250	MUY ALTO	5224.50 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	2430.00	240 - 360	MUY ALTO	11284.92 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	6530.00	1000 - 2400	MUY ALTO	35379.54 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	1650.00	110 - 350	MUY ALTO	10587.16 Kg(MgO)/Ha
<b>OTRAS DETERMINACIONES</b>		<b>ÓPTIMO</b>		
CALIZA TOTAL (%):	30.40	10 - 20	ALTO	1176.48 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	12.50	6 - 9	ALTO	483.75 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	4.30	2 - 3	MUY ALTO	166.41 Tn/Ha
NITRÓGENO (%):	0.44	0.10 - 0.21	MUY ALTO	16873.20 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- Este suelo presenta una **Relación Carbono/Nitrógeno** BAJA (menor que 10), lo que indicaría una excesiva liberación de Nitrógeno nítrico.
- **CARBONATO CÁLCICO**, Tanto el "Total" como el "Activo" toman valores **altos**, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeso, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- **La densidad aparente (Da)** es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros.
- **TEXTURA**. Se trata de un suelo "**medio**", con **buena** capacidad de retención de agua y abonos.
- **CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DISPONIBLE (CRAD)**: Se calcula a partir de la textura, la densidad aparente (Da) y los elementos gruesos mayores de 2 mm.  
En este suelo se ha obtenido CRAD=0.0904 [mm agua/mm suelo]. Si el espesor del suelo es de 30 cm (300 mm) tendremos que:  
$$CRAD \times 300 \text{ [mm]} = 27.12 \text{ [mm agua]} = 27.12 \text{ [l/m}^2\text{]} = 271.2 \text{ [m}^3\text{/Ha]}$$
- **COLOR**. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: **Rojos y Amarillos** (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), **Blancos** (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas ó inflorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), **Negros** (materia Orgánica) y **Grisés** (mezcla de blancos y negros).

Tablas nº 5. Niveles de salinidad y fertilidad en el suelo dónde se ubica el ensayo.



## 5.- CONSIDERACIONES FINALES

**SALINIDAD.-** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es normal.

**FERTILIDAD.-** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el **Nitrógeno**, presenta un nivel muy alto, así como el valor de la **Materia Orgánica**, para este tipo de suelo; el **Nitrógeno Nitrico**, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El **Fósforo asimilable** toma un valor muy alto. **Potasio asimilable**, presenta nivel muy alto.

**OTRAS DETERMINACIONES.-** Destacar, que es un suelo medio, con contenido alto de Caliza y con pH normal

**OBSERVACIONES.-** Debido a las especiales características de este suelo, es posible que algunos parámetros presentes en este informe agronómico presenten valores aberrantes o contradictorios entre sí. **CONCRETAMENTE:** Capacidad de intercambio catiónico, calcio de cambio y textura debido a que estas determinaciones analíticas están influenciadas por alto contenido de calcio y sulfato, presentes en este 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.

### 3.7. Datos climáticos. Incidencias: Estación próxima SIAM.

Se dispone de una estación meteorológica en el CIFEA perteneciente a AEMET. Pero para tener los datos de las horas frío, que son muy importantes en el caso de la floración de los frutales, se usan los datos de la estación del SIAM de Torre Pacheco TP91 que está 2 km al noroeste, y una cota 10 m superior.

Se dispone de una estación meteorológica de la red SIAM (TP52) en el centro.

Los datos medios obtenidos en el año 2019 son los siguientes:

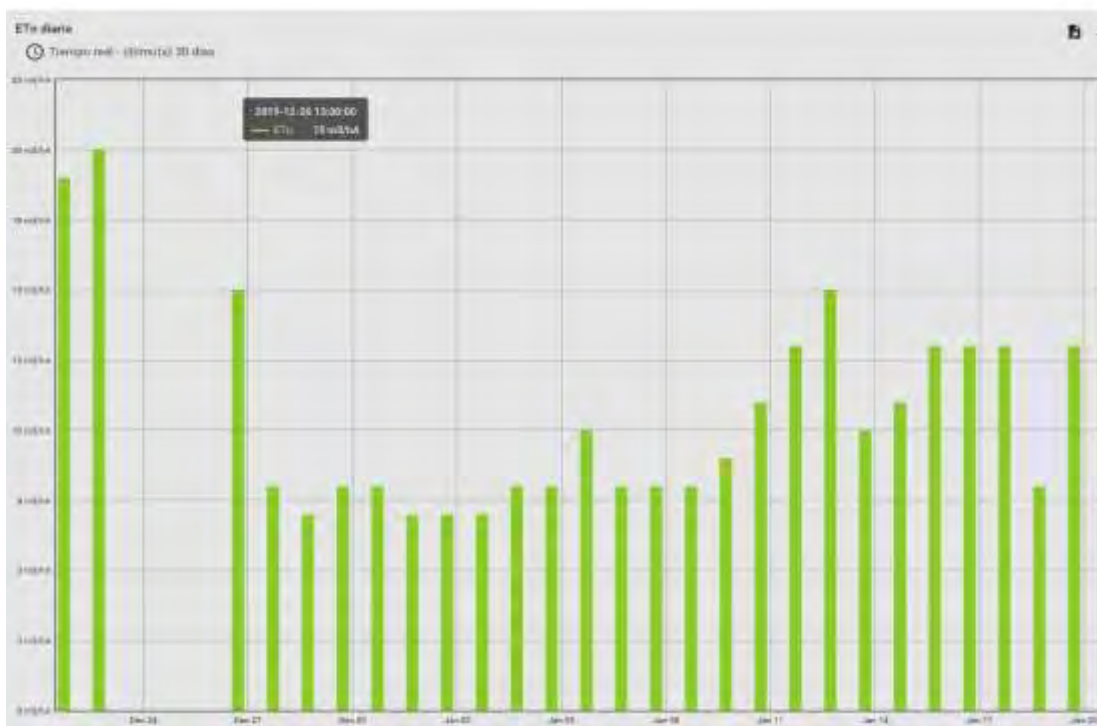
- Tª media (°C): 18,20
- HRMED (Humedad relativa media %): 64
- Prec. media (mm): 330
- Horas frío (< 7°C): 173
- ETo media (mm): 1.323



En el interior del invernadero se ha instalado un equipo datalogger para el control de la humedad del suelo, con sensores que permiten medir la evapotranspiración potencial diaria. Por ello no ha sido necesario recurrir a los datos proporcionados por la estación climática en el exterior, ya que tenemos datos más ajustados a la realidad del cultivo del interior del invernadero.

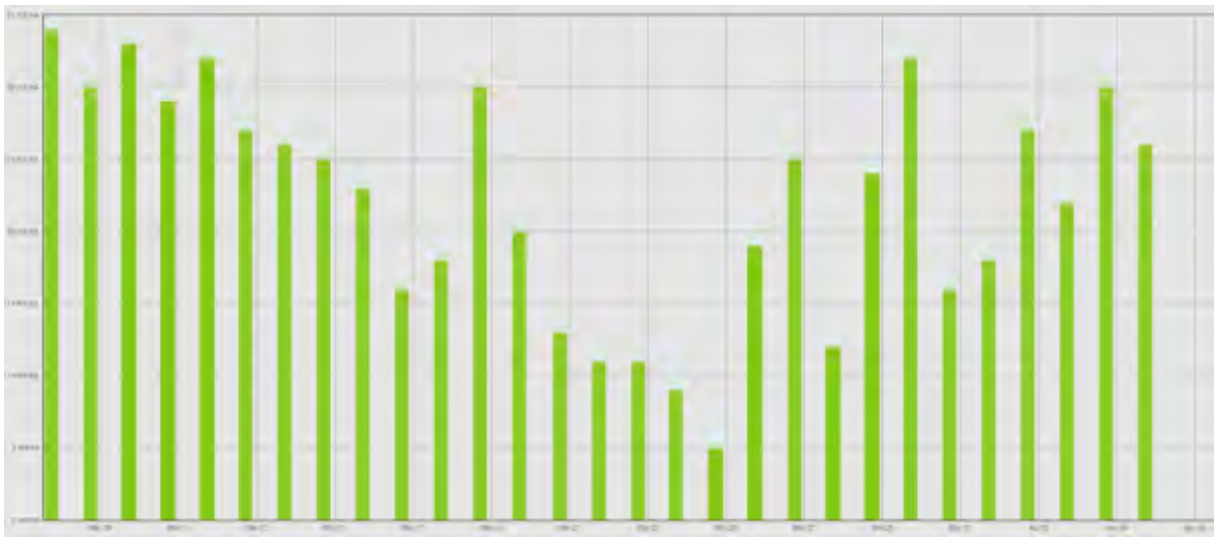
Para ajustar al mínimo los riegos, se instaló en noviembre de 2019 un sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores 10HS con datalogger tipo Em y se colocaron tres sondas 10HS a tres profundidades, 10, 20 y 40 cm, con su correspondiente software.

Los datos de evapotranspiración que obtiene el programa los coge de la estación más cercana al aire libre y los ofrece en unidades de  $m^3/ha$ , en vez de la unidad normal de la ETo, que es de mm/hora, esto es para poder comparar con el riego. En los siguientes gráficos se observa como la evapotranspiración en el mes de diciembre-enero ronda los  $10 m^3/ha$  y en marzo-abril está en los  $25 m^3/ha$ . El dato tan bajo de los días 21 a 25 de marzo se debe a un temporal con varios días de precipitación y orienta hacia la reducción del riego durante esos días.



Gráfica nº 2 . Datos de evapotranspiración potencial diaria en el CIFEA del 22/12/2019 al 20/01/2020.





Gráfica nº 3 . Datos de evapotranspiración potencial diaria en el CIFEA del 09/03/2020 al 05/04/2020.

Sería conveniente poner una instalación de medición de radiación y Eto en el interior del invernadero, que ajustara los datos más a esa realidad, ya que la evapotranspiración potencial (ETo) es más alta en el exterior del invernadero que en el interior, por el efecto del viento, que “evapora” más que la mayor temperatura en el interior del invernadero.

### 3.8. Preparación del suelo. Labores de cultivo.

Una vez levantado el cultivo anterior, a finales de mayo de 2019, se procede a realizar un pase de subsolador al objeto de preparar el suelo para la solarización. Se aplicó estiércol y paja, que posteriormente se vio en el análisis de suelo un elevado contenido de materia orgánica en el mismo y en cambio sí se vio la necesidad de la aplicación de paja para mejorar la estructura. Se cerró el invernadero durante los meses de junio a septiembre y se colocó film plástico para elevar la temperatura del suelo.



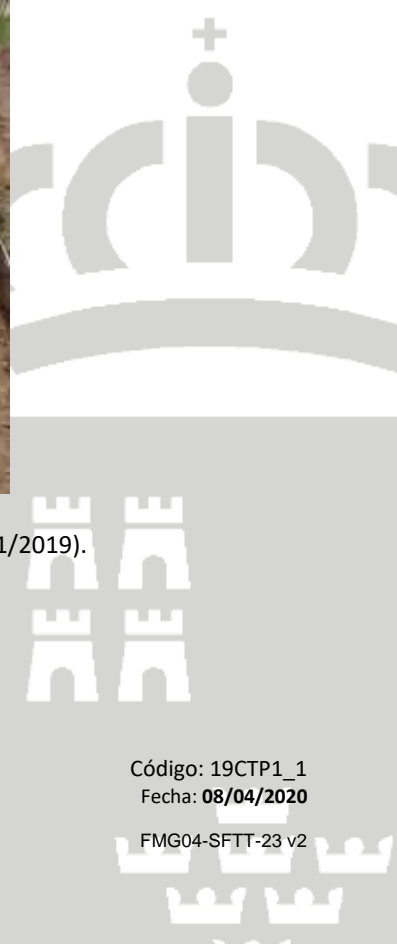
Foto nº 12. Aplicación de estiércol y paja para solarización en invernadero (30/05/2019).

Antes de realizar el trasplante se realizó una labor de subsolador, otras dos de rotovator. En las zonas con acolchado se realizó la labor correspondiente para su colocación.

La plantación se realizó a mano con operarios y las plantas provenían, generalmente, de semillero realizado en el propio CIFEA.



Foto nº 13. Realización de la plantación de varios tipos de hortalizas (06/11/2019).



### 3.9. Riegos y abonados. Consumo de agua y fertilizantes.

Se pretende realizar una gestión eficiente del riego y el abonado nitrogenado, que se consideran dos de los aspectos más importantes del Decreto-Ley 1/2017 del Mar Menor y la actual Ley 2/2019. 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 de la fertirrigación.

La cantidad de agua a aportar podrá deducirse de la información disponible en el Servicio de Información Agraria de Murcia (SIAM) y de la propia estación climática al aire libre de la AEMET ubicada en el CIFEA, cuyos datos utilizan los dispositivos a tal efecto en el interior del invernadero, ya que los aportes de riego se basan en la evapotranspiración. La cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie y la frecuencia de los riegos se establece y acomoda 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. En cualquier caso y de acuerdo con las condiciones de la parcela, se utilizan las técnicas de riego que garantice la máxima eficiencia en el uso de agua y los fertilizantes.

Se ha controlado también el adecuado mantenimiento de los sistemas de riego, ya que aplicar una agricultura de precisión requiere que todos los elementos del sistema de riego estén calibrados y en adecuado estado de mantenimiento. Resulta imprescindible disponer de registros de consumos de agua y fertilizantes aplicados y que sean de fácil acceso y ágiles. Los elementos básicos a mantener son: bomba dosificadora de fertilizantes, presiones de trabajo de la instalación, sistemas de filtrado, etc.

#### CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Debido a la multitud de orígenes del agua de riego resulta importante conocer parámetros clave como pH, conductividad eléctrica y composición iónica. Simplificar la calidad de un agua para riego por su único valor de salinidad, medido a través de la conductividad eléctrica, no puede ser admisible en un ensayo que pretende ser demostrativo de buenas prácticas agrícolas. Por ello se ha realizado un análisis del agua aplicada en el invernadero, en junio de 2019.

La interpretación del informe analítico del agua se ha realizado en su correspondiente apartado, no obstante se recalcan los siguientes aspectos:

- 1) pH. El intervalo normal es entre 7 y 8. En nuestro ensayo utilizamos un agua de 7,93. Si superara el valor de 8, sería recomendable corregirlo con la aplicación de formulados ácidos.
- 2) Salinidad medida a través de la conductividad eléctrica (C.E.). Esta medida se referencia a una temperatura, normalmente 20 o 25°C. El agua aplicada tiene una CE baja 1,11 mS/cm., según la FAO.
- 3) Composición iónica. Es necesario conocer la proporción y composición de iones potencialmente tóxicos como cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y boro (B) o los contaminantes como los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). El agua aplicada presenta unos valores de todos estos iones dentro de lo normal.
- 4) No sólo es importante conocer la cantidad de iones disueltos en el agua sino su proporción relativa. Para valores similares de iones potencialmente fitotóxicos, a mayor ratio Ca/Na y/o Mg/Na mejor será el agua para riego, por su menor impacto en la degradación del suelo y menores efectos nocivos sobre los cultivos a los que va destinada. No hay problemas de fitotoxicidad en el agua empleada en el ensayo.

Los dos primeros riegos (plantación y arraigue) se realizaron 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 llevó a cabo un incremento de la conductividad eléctrica de 0,5 mS/cm sobre el agua del pantano (1,51 mS/cm) con Ca ( $\text{NO}_3$ ) al 60% y  $\text{KNO}_3$  al 40%, manteniendo un pH de 6 con aportaciones de  $\text{HNO}_3$ .

En el periodo comprendido entre los 60 días del trasplante y la recolección del cultivo se mantuvo el incremento de la conductividad eléctrica, pero invirtiendo los porcentajes de los abonos (40% Ca ( $\text{NO}_3$ ) y 60%  $\text{KNO}_3$ ). En la fase de abonado del cultivo los riegos son controlados mediante sensores de humedad de suelo.

Los riegos han ido variando dependiendo de las condiciones meteorológicas y las necesidades del cultivo en cada momento del ciclo, lo que se irá ajustando con la información de los diversos dispositivos instalados. No obstante, la necesidad de ensayar varios cultivos ha dado lugar a desfases de riego por las distintas necesidades y momentos de riego según el estado del cultivo, ya que había que aplicar una programación de riego única para todo el invernadero.

En el mes de enero se regaba 9 minutos al día y en marzo 24 minutos diarios.

### 3.10. Tratamientos fitosanitarios. Incidencias fitopatológicas.

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

Con el objetivo de disminuir el consumo de fitosanitarios y evitar la posible contaminación por los mismos, se realizó su aplicación al superar el umbral de daños o de plaga recogido en las normas de producción integrada.

Solo se emplearon productos recogidos en las normas de producción integrada, productos autorizados por el MAPAMA, a las dosis autorizadas y siguiendo en todo momento las normas del fabricante.

Se emplearon las materias activas de menor categoría toxicológica, de menor persistencia en el medio ambiente y de menor peligro para el medio ambiente. Así mismo las materias activas se rotaron para evitar resistencias y se aplicaron solamente al cultivo que tenía incidencia de la plaga. Además a la hora de realizar el tratamiento se tuvo en cuenta los posibles daños a abejas y a otra fauna auxiliar.

Los tratamientos se realizaron por personal cualificado, con los equipos de protección adecuados y con maquinaria en perfectas condiciones.

Durante todo el ciclo de cultivo se ha observado 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. No se han realizado tratamientos herbicidas en el interior del invernadero.

A modo de ejemplo, durante los meses de febrero y marzo de 2020 se han aplicado los siguientes tratamientos fitosanitarios:

Para el oidio del pimiento el fungicida Cydeli, a base de Difenoconazol y Ciflufenamida.

Para la mosca blanca en pimiento el insecticida Movento, a base de espiritotetramat (derivado del ácido tetrónico).

Para la botritis y el oidio en tomate el fungicida sistémico Folicur, a base de Tebuconazol.

Para la mosca blanca en berenjena *Amblyseius swirskii*.

Se realizaron dos análisis de residuos de plaguicidas en hoja de pimiento (el cultivo con más tratamientos) para ver la presencia de residuos de plaguicidas en cromatógrafo de gases de laboratorio especializado y se obtuvieron los siguientes resultados, en los que se detectó ESPITOTETRAMAT, pudiendo observarse cómo la concentración en mg/kg de sustancia pasa de 0,22 a 0,0080 en 13 días, muy cerca ya del límite de cuantificación (0,0050 mg/kg)

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL PIMIENTO DE INVERNADERO REALIZADO EL 02/07/2019 EN LAS ETAPAS FINALES DEL CULTIVO

**RESUMEN DE POSITIVOS  
(Positives Summary)**

DETERMINACIÓN (Parameter)	RESULTADO (Result)	%I (%U)	UNIDADES (Units)
<b>ESPIROMESIFENO</b>	<b>0.044</b>	<b>N.A.</b>	<b>mg/kg</b>
<small>ESPIROTETRAMAT(Espirotramat y sus 4 metabolitos BY108330-enol, BY108330-ketohidroxi, BY108330-monohidroxi y BY108330 enol-glucosido, expresada como espirotetramat)</small>	<b>0.22</b>	<b>N.A.</b>	<b>mg/kg</b>

ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL PIMIENTO DE INVERNADERO REALIZADO EL 15/07/2019 ANTES DEL LEVANTAMIENTO DEL CULTIVO

**LISTADO DE TRAZAS  
(TRACES LIST)**

DETERMINACIÓN (PARAMETER)	RESULTADO (RESULT)	UNIDADES (UNITS)	LD (LD)
<b>ESPIROTETRAMAT-ENOL GLUCOSIDO</b>	<b>0.0074</b>	<b>mg/kg</b>	<b>0.0050</b>
<b>ESPIROTETRAMAT-KETOHIDROXI</b>	<b>0.0080</b>	<b>mg/kg</b>	<b>0.0050</b>



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1. Controles en crecimiento vegetativo.

###### CONTROL EN CALIDAD EL CULTIVO

A lo largo de los cultivos se han realizado las mediciones y observaciones siguientes:

- Sanidad general de la planta (presencia de enfermedades).
- Consumo de agua en el invernadero.
- Consumo de abonos.
- Tratamientos fitosanitarios.

###### CONTROL EN LA CALIDAD DE LA COSECHA

Por cada subparcela (cada cultivo) se programó tomar una muestra del 10% al que se determinarán los siguientes parámetros:

- Peso bruto.
- Peso neto, eliminados los destríos.
- Plantas comerciales.
- Plantas no comerciales.

No se ha podido realizar la toma de muestras planificada por lo escalonado de las cosechas y la dificultad de programar la recolección en esta campaña 2019-2020, por las restricciones de asistencia al Centro por alarma Sanitaria. No obstante, se ha ido recolectando hasta primeros de marzo de 2020 a su debido tiempo.



Foto nº 14. Recolección de pimientos, berenjenas y tomates en mayo de 2019

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

Se ha instalado un datalogger con 3 sensores para la medida de la humedad en suelo, en la línea de goteros, bajo el plástico a profundidades de 10cm (P1), 20 cm (P2) y 40 cm (P3). Su objetivo es programar el riego de la manera más eficiente posible, en cuanto a la cantidad de agua a aplicar y el número de riegos necesarios.

El dispositivo instalado nos permite obtener gráficos como el de la figura:



Gráfica nº 4 . Riego y porcentaje de humedad volumétrica en los tres sensores del invernadero, del 09/03/2020 al 05/04/2020.





Foto nº 15. Sensores y caudalímetro colocados en la parcela y datalogger alimentado por placa solar (08/11/2019).

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 figura se observa cómo se producen varios riegos diarios (barras verticales en azul) entre el 9 de marzo y el 5 de abril, y su caudal. Se observa también el estado de humedad en el suelo a las tres profundidades, datos estos que se pueden utilizar para optimizar el riego.

El panel de control del sistema presenta la siguiente estructura, dónde se puede apreciar el riego aplicado la evapotranspiración potencial obtenida de una estación cercana al aire libre y el estado de humedad del suelo a las tres profundidades de colocación de las sondas.



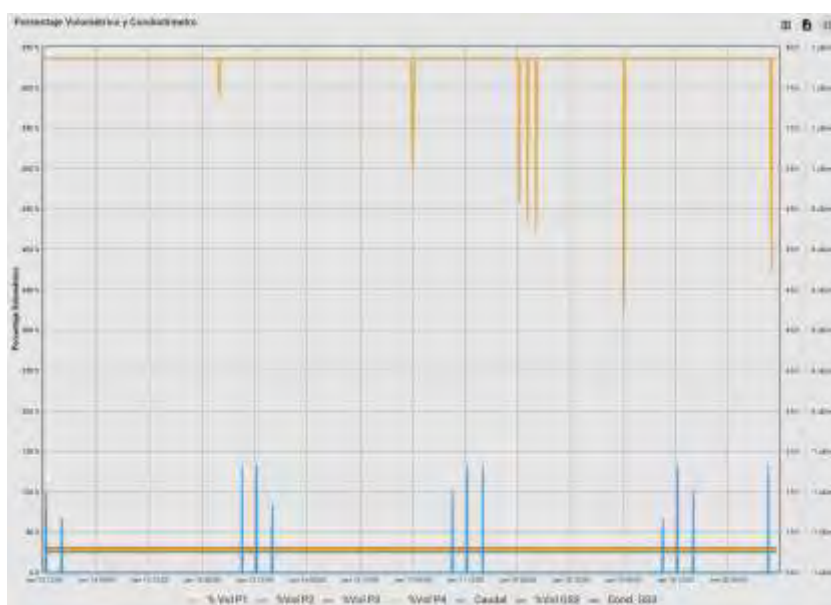
Gráfica nº 5 . Panel de control del sistema de medición de humedad en el suelo.



Gráfica nº 6 . Riego aplicado por día y Eto diaria en invernadero.

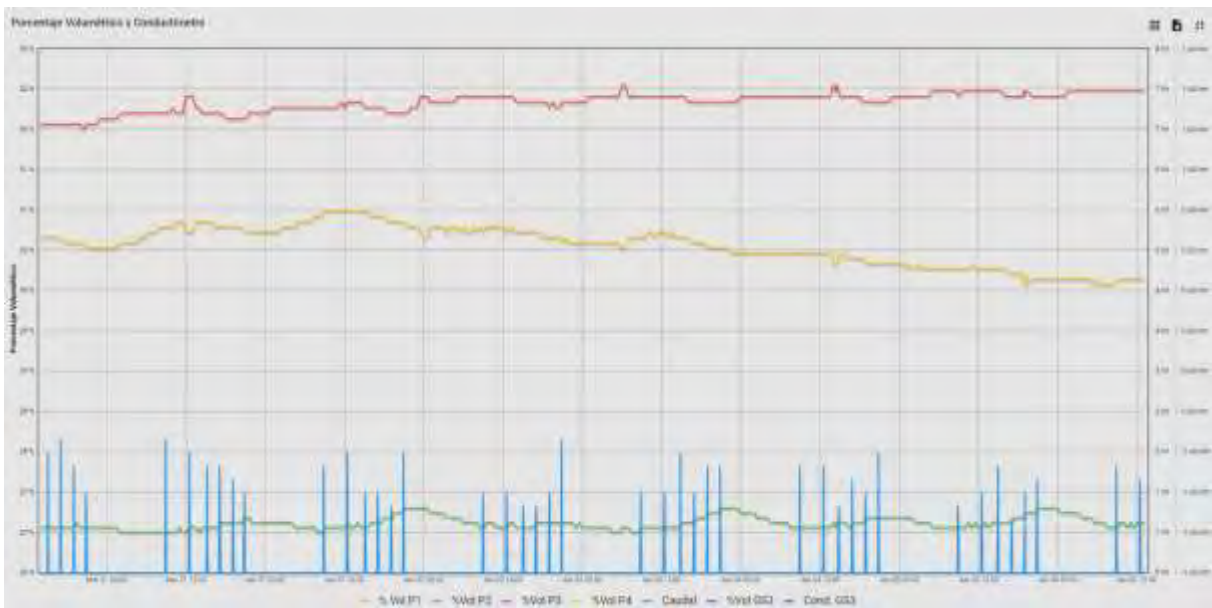
La medida que se emplea para aplicar el riego es el contenido volumétrico de agua en el suelo, que no es otra cosa que el porcentaje de humedad en un volumen de suelo. Los sensores tienen dos polos en sus varillas y entre ellos se produce un voltaje, actuando el suelo como material dieléctrico y traduciéndose 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.

En la siguiente gráfica se refleja el perfil de humedad del suelo al comienzo del cultivo, en enero de 2020 y se puede observar como el suelo está muy saturado en su capa superficial (10 cm), que tras regar empieza a secarse, pero los sucesivos riegos no hacen sino volverlo a saturar. Los sensores a 20 y 40 cm, por su línea recta, no estaban marcando. Esto es uno de los problemas que se plantean en este tipo de instalaciones, la necesidad de un seguimiento por fallos en los dispositivos.



Gráfica nº 7 . Riego aplicado y sensor superficial P1 (naranja)= 10 cm, en enero de 2020.

Corregido el fallo, se ha ido reprogramando el riego según los datos que indicaban los sensores. En primer lugar, se alargaron los riegos en los primeros estadios en frecuencia e intensidad, pues se estaba regando en exceso, teniendo en cuenta que era un suelo demasiado pesado. Desde esa fecha se ha ido regando en función del agua disponible en el perfil del suelo. En la semana del 31 de marzo al 4 de abril de 2020, el perfil de humedad del suelo se encuentra estabilizado entre el 32% (sonda de color rojo, a 40 cm) y el 30% (sonda de color naranja, a 10 cm). La sonda a 20 cm es la que presenta un porcentaje volumétrico de humedad más bajo, debido a que es a esa profundidad a la que se desarrollan las raíces y se produce la mayor absorción de agua. Se concluye que para programar los riegos se debe encontrar la humedad del perfil del suelo entre estos niveles, que garantizan la capacidad de campo disponible en las raíces del cultivo y a la vez una baja percolación de agua y nutrientes.



Gráfica nº 8 . Porcentaje volumétrico en el suelo del invernadero y riegos en abril 2020.

P1 (naranja)= 10 cm, P2 (verde)= 20 cm y P3 (rojo)= 40 cm.

La siguiente gráfica es una secuencia de 30 días y se corresponde con el periodo que va del 8 de marzo al 6 de abril de 2020.



Gráfica nº 9. Porcentaje volumétrico en el suelo del invernadero y riegos en marzo-abril 2020 (30 días).

En la figura se observa cómo tras cada riego (que empieza con 4 riegos diarios en marzo y acaba con 6 en abril por una mayor demanda del cultivo) aumenta ligeramente el contenido de humedad en el suelo, siendo más acusada e inmediata la subida del sensor P1 (a 10 cm, la línea de color naranja), seguida del sensor P2 (a 20 cm, la línea de color verde), con un lógico desfase en el tiempo debido a lo que tarda en llegar el agua de riego a esa profundidad.

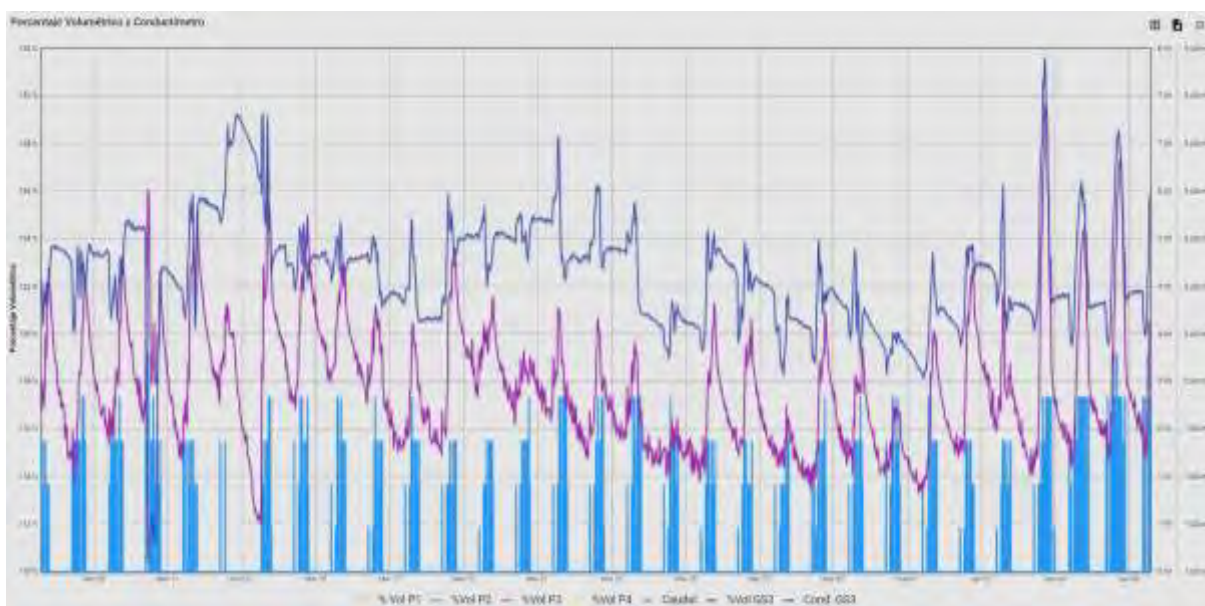
El sensor P3 es el de color rojo y es el que se encuentra en la parte superior de la gráfica, está situado bajo la línea de goteros y a 40 cm de profundidad. Hacia principios de marzo presenta una “meseta” que indicaría la capacidad de campo del suelo y no se ve afectado por el riego, hasta que el agua percola a capas más profundas a partir del 23 de marzo y entonces empieza a subir el contenido volumétrico en el suelo. El sensor P2 (verde) permanece estable porque es la humedad de suelo junto a las raíces y estas absorben el exceso de humedad. El sensor P1 (naranja) también indica un exceso de riego a los 10 cm. Esta circunstancia se ha producido porque no se ha podido controlar el riego durante estos días a causa de la alarma sanitaria por el Coronavirus COVID-19 y por quedar este programado de una manera fija durante los servicios mínimos y no haberlo podido

reprogramar con una reducción importante de la ETo a causa de las precipitaciones desde el 21 de marzo hasta primeros de abril.

Es un claro ejemplo de cómo si no se controla el riego, al menos 2-3 veces por semana, y se mantiene una programación fija del riego sin tener en cuenta las condiciones atmosféricas, podemos incurrir en un exceso de agua aplicada y por lo tanto de percolación a capas profundas.

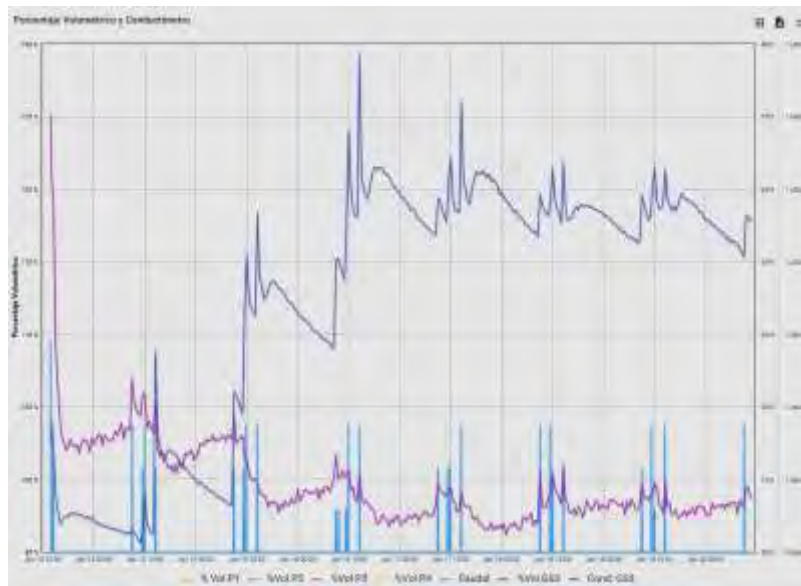
Entre la “meseta” del sensor naranja (27%) y la superior (30%) es dónde se debe situar el riego, por encima superaría a la capacidad de campo y, por tanto, percolación y por debajo indicaría déficit de agua para las plantas.

En la siguiente gráfica se observa cómo se encuentra estabilizada la humedad del suelo en los sacos de fibra de coco en el cultivo de berenjena de otro invernadero del CIFEA, dónde también se colocaron sensores de humedad. En algunos momentos se alcanzan picos de humedad excesivos, como consecuencia del desfase entre el riego y el momento del día en que se produce la demanda de las plantas; pero manteniéndose los valores en un intervalo entre el 15 y el 25% de percolación en los dos sensores instalados.



Gráfica nº 9. Perfil de humedad del saco de fibra de coco en invernadero de berenjena del 08/03/2020 al 06/04/2020.

En la siguiente figura se observa como el sensor situado más cerca de las raíces presenta niveles excesivamente bajos de humedad en el periodo del 16 al 20 de enero de 2020, lo que indica déficit de agua para el adecuado desarrollo de las plantas, lo que en un cultivo hidropónico puede ser muy comprometedor para el cultivo. En este caso la percolación es inferior al 20%.



Gráfica nº 10. Perfil de humedad del saco de fibra de coco en invernadero de berenjena del 01/01/2020 al 13/01/2020.

### 4.3. Riego y abonados.

La parcela demostrativa se planteó para el uso de programas de riego a fin de evitar un consumo innecesario del agua. Estos programas de riego deben tener en cuenta parámetros como el clima y los datos del cultivo.

#### MÉTODO RIEGO FAO

Las dosis de riego determinadas por el método de la FAO, con lecturas de ETo se basan en una programación diaria del riego calculando las necesidades totales en l/día, en base a las lecturas de evaporación ofrecidas por las estaciones climáticas, cómo el Servicio de Información Agraria Murciano (SIAM), que da informes de la ETo semanal (mm) de la Estación de Torreblanca (Torre-Pacheco de la propia estación de la AEMET dentro del CIFEa. También se ha tenido en cuenta la

posibilidad de instalar una cubeta tipo A en el interior del invernadero, para corregir la mayor ETo en el exterior del invernadero ofrecido por las estaciones, a causa del viento.

#### TENSIÓMETROS

La frecuencia de los riegos se puede controlar con bastante facilidad mediante el uso de tensiómetros colocados en las parcelas experimentales, en el caso de hortícolas a 10, 20 y 40 cm de profundidad. Es procedimiento es procurar que las tensiones no se aproximen a 20 cb, con el fin de garantizar un nivel de humedad constante en el suelo. Esto supuso, al principio del cultivo, un riego cada 3 ó 4 días y en las épocas de mayor demanda, tres o cuatro riegos diarios.

El suelo ejerce una tensión (tensión matricial) sobre el agua de la columna que hace que la altura de agua en ella descienda, pasando al suelo y provocando por tanto una presión negativa. El tensiómetro mide directamente energía (centibares), es decir, el esfuerzo que las raíces deben realizar para extraer el agua del suelo. Entre sus ventajas destaca que es un método rápido de medida de potenciales mátricos del suelo *in situ*, tienen bajo coste, son relativamente fáciles de instalar y mantener y miden directamente la succión de agua. Como inconvenientes cabe citar que se trata de un método que requiere cierto tiempo de reacción y un mantenimiento periódico, no son adecuados para medir potenciales de agua mayores a 75 cb, y además requieren calibración para ciertos suelos.

El riego se realiza a primera hora de la mañana, para evitar la excesiva evaporación y además conseguir que la planta esté hidratada a las horas del día en que la evapotranspiración es más alta. Para optimizar el volumen de riego sin forzar la lixiviación, se controlará que las pérdidas por percolación, no superen el 20 % del volumen de agua aplicada.

#### CONDUCTIVIDAD EN SONDAS

Otro control que se va a usar para la irrigación se basa en la conductividad de los lixiviados que debe estar entre 2,5 y 5 mmhos/cm, mediante la colocación de sondas de drenaje. Una conductividad superior de sales es indicativa de déficit de riego y un valor inferior a 2,5 indica exceso de riego. No se ha podido implementar este año, dejándolo para la próxima anualidad, en la que también se colocarán sondas para la medida de la humedad gravimétrica a distintas profundidades.



## SENSORES HUMEDAD SUELO

En nuestro ensayo se han determinado en 2019 las dosis de riego por medio del contenido de humedad volumétrica a tres profundidades, por medio de sensores en el suelo.

Los sistemas de monitorización de la humedad en el suelo son herramientas muy útiles para conocer la humedad del suelo en todo momento. Para ello es importante conocer las variables que pueden influir en las lecturas que los sensores nos aportan para realizar una elección apropiada del tipo de sensor a utilizar, definir los criterios a emplear durante su instalación (tipo y posición), analizar las lecturas considerando los límites de precisión y representatividad que nos aporta el sensor en el entorno en el que está instalado y evaluar el origen de posibles discrepancias que pueden aparecer estableciendo si se deben a errores de funcionamiento del sistema o limitaciones que tiene el sistema para medir los diferentes parámetros. Las variables que afectan a las lecturas obtenidas por los sensores de suelo dependen de las cualidades físico-químicas del suelo (textura, elementos gruesos), del movimiento del agua en el suelo y, por último, de las características técnicas del sensor y los factores asociados a su instalación.



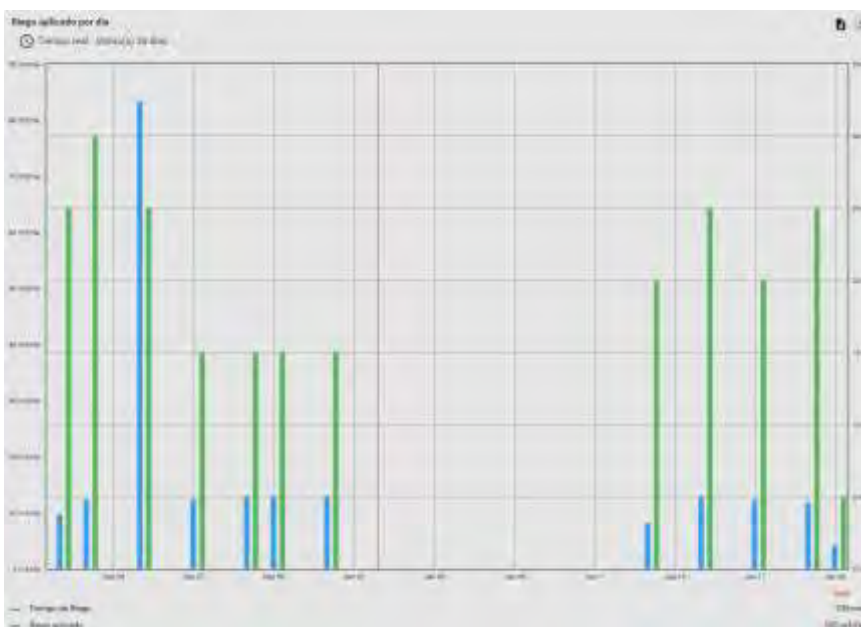
Foto nº 16. Colocación de sensores, caudalímetro y datalogger en invernadero (08/11/2019).



## FERTILIZACIÓN

Se ha abonado siguiendo los criterios fijados en las normas de producción integrada, teniendo en cuenta las características del cultivo y los análisis del agua y suelo.

En cuanto a los nitratos, se ha seguido el Código de Buenas Prácticas Agrarias. Para evitar la contaminación de acuíferos y de suelos por nitratos, los abonados nitrogenados se realizan preferentemente con formas amoniacales u orgánicas. En el caso de abonados en forma nítrica estos se han empleado a bajas dosis y dosis asimilables por el cultivo para evitar su lixiviación, prescindiendo del nitrato cálcico y del nitrato amónico, por ser los más solubles y en cumplimiento del Decreto-Ley 1/2017 de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.



Gráfica nº 11. Riego y evapotranspiración en pimiento de invernadero.

### 4.3. Principales problemas del cultivo.

Durante el cultivo de la campaña 2018-2019, se desarrollaron algunas plantas con *Botrytis* y síntomas de podredumbre que mermaron la cosecha normal, por lo que se planteó hacer un análisis de bacterias y nemátodos en el suelo. El resultado de dicho análisis determinó la no presencia de las bacterias y nemátodos más comunes que pueden afectar a los cultivos, cómo son *Clavibacter michiganensis*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas corrugata*, *Pseudomonas syringae*, *Ralstonia*

*solanacearum* y *Xantomonas campestris*; así como de los nemátodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemella* y *Helicotylenchus*.

Se determinó que los problemas de podredumbre y encharcamientos no tienen un carácter biológico, sino edafológico, debido a que más del 50% del suelo es limo, con malas propiedades en relación con la arena y la arcilla, lo que daba lugar a encharcamientos y deficiente desarrollo radicular. Por ello se realizó una corrección del suelo con aplicación de paja, junto con el estiércol de solarización, siendo necesario además un mejor control del riego, que se determinó excesivo en las primeras etapas.

#### ANÁLISIS DE BACTERIAS EN SUELO 17/07/2019

DETERMINACIÓN	Resultado	Unidades	Incertidumbre	Metodo
INVESTIGACION CLAVIBACTER MICHIGANENSIS pv. MICHIGANENSIS	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF020
INVESTIGACION ERWINIA CAROTOVORA	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF030
INVESTIGACION PSEUDOMONAS CORRUGATA	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF020
INVESTIGACION PSEUDOMONAS SYRINGAE	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF060
INVESTIGACION RALSTONIA SOLANACEARUM	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF090
INVESTIGACION XANTHOMONAS CAMPESTRIS	No detectado	UFC/g	No aplica	MIHF020

#### ANÁLISIS DE NEMÁTODOS REALIZADO EL 17/07/2019, ANTES D ELA PLANTACIÓN

##### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO (RECUENTO DE NEMÁTODOS)

##### Nemátodos fitopatógenos:

FRACCIÓN SUELO:  
*Meloidogyne* sp: < 2 juveniles/100 c.c. de suelo.  
*Pratylenchus* sp: < 2 ind/100 c.c. de suelo.  
*Xiphinema* sp: < 2 ind/100 c.c. de suelo.  
*Criconemella* sp: < 2 ind/100 c.c. de suelo.  
*Helicotylenchus* sp: < 2 ind/100 c.c.de suelo.

##### Nemátodos saprófitos:

28 indiv./100 c.c. de suelo.

##### Método extracción:

(MINF010) Tamizado/Centrifugación en sacarosa.

##### Diagnóstico:

La muestra analizada no presenta problemas por nemátodos.

#### 4.4. Resultados de divulgación.

A lo largo de la anualidad, se han realizado diversas actividades de divulgación, como visitas de agricultores y técnicos a las parcelas demostrativas. Se ha realizado una jornada sobre el funcionamiento de los sensores de humedad del suelo y se ha recibido la visita de Directivos 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 de los setos para aplicar a sus explotaciones, que no ha podido realizarse por la situación de estado de alarma por 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).

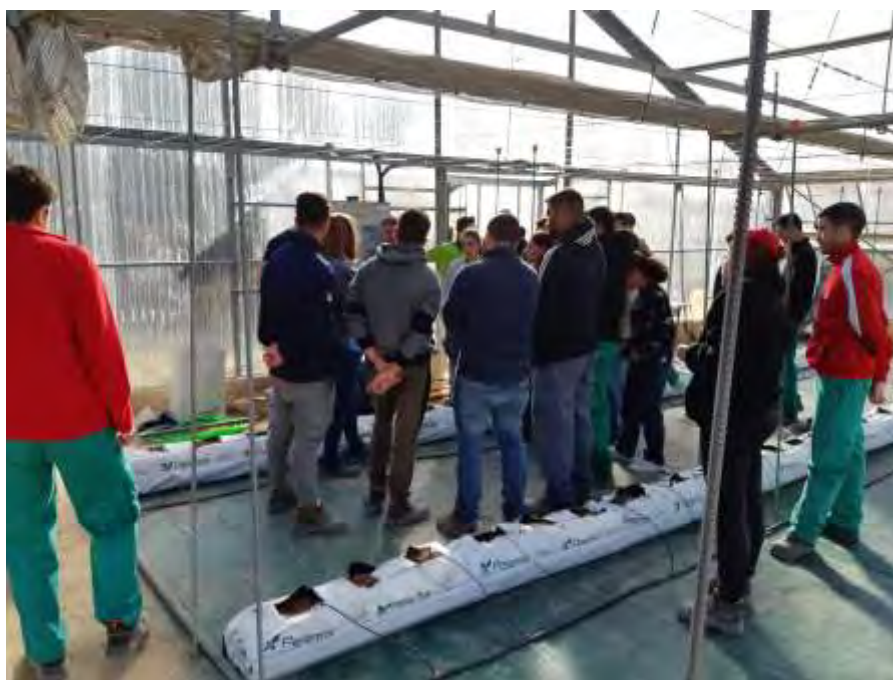


Foto nº 17. Jornada sobre colocación de dispositivos de control de humedad. Hidropónico (08/11/2019).



Foto nº 18. Jornada sobre colocación de dispositivos de control de humedad. Hidropónico (08/11/2019).



Foto nº 19. Jornada sobre colocación de dispositivos de control de humedad. Invernadero (08/11/2019).

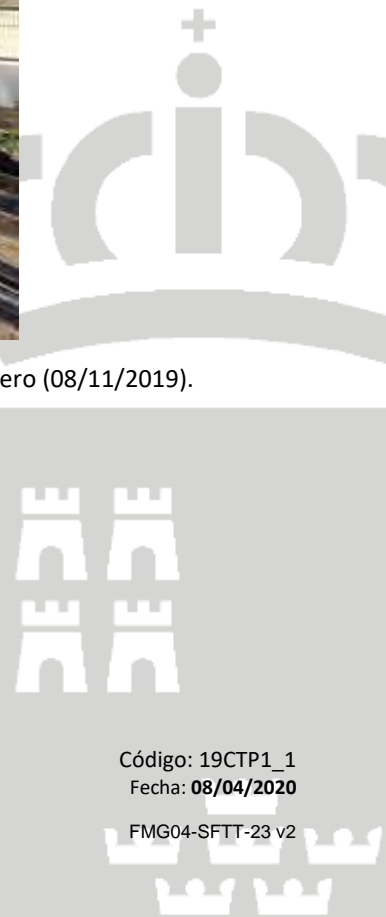




Foto nº 20. Jornada sobre colocación de dispositivos de control de humedad. Invernadero (08/11/2019).



Foto nº 21. Jornada sobre el funcionamiento de dispositivos de control de humedad (08/11/2019).



Foto nº 22. Visita Secretario General, Director General y Vicesecretaria a ensayos CIFEA (05/12/2019).



Foto nº 23. Visita profesionales y agricultores a plantación y dispositivos del invernadero (05/12/2019).

