

INFORME ANUAL DE RESULTADOS

Parcelas demostrativas de prácticas que permiten optimizar la fertirrigación en el Campo de Cartagena en cumplimiento del Decreto-Ley nº 2/2019, de protección integral del Mar Menor.

AÑO: 2020

CÓDIGO PROYECTO: 20CTP1_1

Área:	ABONADO Y FERTILIZACIÓN
Ubicación:	Torre-Pacheco (Murcia)
Coordinación:	Joaquín Navarro, CIFEA Torre Pacheco
Autores:	José Banegas, Plácido Varó y José Méndez, CIFEA Torre Pacheco
Duración:	Enero-Diciembre 2020
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.	4
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	5
3.1. Cultivo y variedades, características generales.....	5
3.2. Ubicación del proyecto y superficie.	6
3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.....	7
3.4. Características del agua, suelo y clima.....	8
3.5. Preparación suelo, marco y densidad de plantación. Sistema de formación y/o entutorado. .	11
3.6. Riegos y abonados.....	13
3.7. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas.	14
3.8. Dispositivos instalados.	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Parámetros y controles realizados.	17
4.2 Medidas de la humedad del suelo mediante sensores.....	17
4.3 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc.	21
5. CONCLUSIONES.	21
6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.	22
7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.....	23

1. RESUMEN.

A finales 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 de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor. La parcela demostrativa se diseñó estando vigente el Decreto-Ley 2/2019 de protección integral del Mar Menor, que en lo referido a esta memoria mantiene mismas las exigencias que la Ley 3/2020.

Se instalaron diversos dispositivos para el control del riego en otoño de 2020, realizando previamente análisis de suelos que pusieron de manifiesto ciertas deficiencias en el suelo (exceso de humedad y zonas impermeables), que se han podido corregir en la campaña 2020/2021 preparando la tierra del invernadero mediante un subsolado y posteriormente un pase de fresadora para enterrar el estiércol de fondo y arena fina para mejorar la textura y reducir los encharcamientos. El año anterior se añadió paja y azufre con buenos resultados.

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.

Como mejor opción disponible de entre las estudiadas en la anualidad 2019, se instaló en diciembre de 2020 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. 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 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; aunque requieren control por técnico o empresa cualificada.

Con estos sensores se establecen los límites de Capacidad de Campo, 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 casi dos años se han mostrado adecuados para manejar el riego en hortícolas, 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.

Los umbrales de riego establecidos para cada tipo de sensor se han mantenido constantes durante la campaña 2019/2020 y sirvió para comprobar que se estaba regando en exceso al principio en el arraigo de las plantas y al final a causa de la presencia de una borrasca que duró varios días.

Según las lecturas de los caudalímetros colocados en las líneas portagoteros, la línea de pimiento, que abarca una superficie de 12 m² ha requerido un total de 4,641 m³ de agua y la línea de berenjena, de 15 m² ha requerido 6,81 m³, esto supone para todo el ciclo del cultivo (de unos 180 días) una dosis de 3.900 m³/ha para pimiento de invernadero y 4.540 m³/ha en el cultivo hidropónico de berenjena. Estas dosis de riego aplicado incluyen el proceso de arraigo, riego del cultivo y lavado de sales y se pueden considerar moderadas para este tipo de cultivos.

La producción no ha podido ser evaluada a causa del confinamiento por la crisis sanitaria provocada por el coronavirus CO-SARS-V2, que desde marzo a mayo de 2019 no permitió realizar adecuadamente el control de la recolección.

En febrero de 2020 se realizó la instalación de los dispositivos fullStock, que permiten intuir de una manera directa el movimiento del agua en el suelo. Dado que el cultivo aún está en desarrollo, hay que ver la correlación con los datos de los sensores para comprobar la bondad de estos dispositivos.

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.

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, pero se ha puesto de manifiesto un deterioro de la calidad de sus aguas por la progresiva eutrofización de la laguna, considerada 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, tras puesta 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. Casi todo el Campo de Cartagena ha sido declarado como Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos, ampliados los límites por la Orden 23 de diciembre de 2019, de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente, por la que se acuerda la designación de nuevas zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia, ampliación de las existentes y la determinación de la masa de agua costera del Mar Menor como masa de agua afectada, o en riesgo de estarlo, por la contaminación por nitratos de origen agrario (B.O.R.M. 27/12/2019).

Por lo tanto, resulta necesario 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 está vigente la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor, que mantiene en lo que respecta a nuestro ensayo lo establecido en el Decreto-Ley nº 2/2019, que propone adoptar medidas normativas orientadas a que el Mar Menor recupere y mantenga un buen estado ambiental.

Dicha Ley 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, sancionando rebasar los límites de abonado o abonar en épocas distintas de las permitidas, aplicar abonos orgánicos o inorgánicos de forma inadecuada o no aplicar los fertilizantes en las condiciones establecidas en el programa de actuación.

Por la vinculación del riego con la mayor o menor lixiviación de nitratos y 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 considera necesario ayudar a los agricultores en el cumplimiento de la Ley 3/2020 mediante unas parcelas de demostración tecnológica, con el objetivo de materializar los resultados de investigaciones sobre el manejo adecuado del riego y la fertilización.

Este proyecto, por lo tanto, constituirá 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, mediante el establecimiento de una parcela demostrativa “in situ” dónde se contemplen todos los aspectos estudiados.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Cultivo y variedades, características generales.

En 2020 se ha llevado a cabo el establecimiento de dispositivos en un invernadero de 600 m² con varias plantas hortícolas del ciclo otoño-invierno y también colateralmente se han instalado sondas en un cultivo hidropónico de berenjena bajo invernadero.

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 2020 se han realizado dos cultivos de este ciclo de otoño-invierno, ambos de varias hortícolas bajo invernadero en un invernadero multicapilla del CIFE: pimiento, berenjena, tomate,

judías, puerro,.... Se han colocado dispositivos también en otros cultivos existentes en el CIFEA, fuera de este ensayo, como almendros, cítricos 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.

El cultivo en este ciclo de otoño de 2020 es de varias hortalizas bajo invernadero en un invernadero multicapilla del CIFEA: pimiento, berenjena, tomate, etc. 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 están desarrollando aún a la fecha de cierre del presente informe, y que ocupan una superficie de unos 600 m² son:

- 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.
- Judías de enrame.
- Plantas de hoja: Acelgas y cilantro.
- Calabacín.

3.2. Ubicación del proyecto y superficie.

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



La superficie de la parcela demostrativa es de unos 600 m², que es la superficie que se va dedicar al cultivo de las distintas hortalizas, espacio que se considera suficiente para el cultivo y para colocar todos los dispositivos a ensayar.

3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.

El marco de plantación es de 1 metro entre líneas y 20 cm entre plantas colocadas a dos caras.

La densidad es de unas 8 plantas/m² (en total unas 4.000 plantas, dejando los bordes).

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. Para que esto no suceda debe establecerse también una correcta ejecución y práctica del riego, en lo que incidido más en esta anualidad.

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 2020/2021 los siguientes dispositivos:

- Instalación de 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.

- Colocación de 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

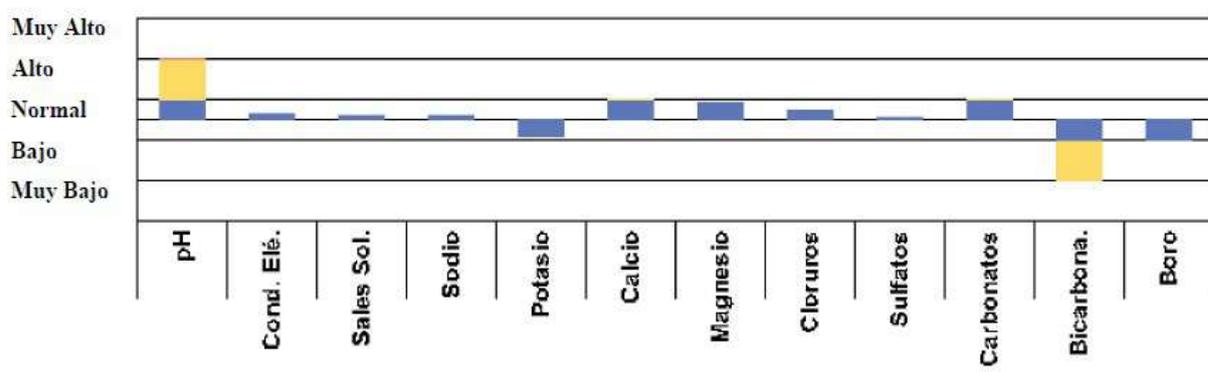
Con los créditos disponibles del Programa de Desarrollo Rural 2014-2020, cofinanciado por el FEADER, se han podido realizar análisis del agua empleada en el ensayo y de los suelos del invernadero, en laboratorio especializado.

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).

3.- TOXICIDAD POR BORO

El nivel de este microelemento es normal.

4.- CONTAMINACIÓN POR NITRÓGENO

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	

6.- NUTRIENTES DISPONIBLES CON EL AGUA

NUTRIENTE	APORTES AGUA DE RIEGO	CANTIDAD APORTADA POR 1.000 M ³ DE RIEGO	APORTES DEL SUELO	APLICACIÓN EN FERTILIZACIÓN
Nitrógeno	INSIGNIFICANTE	-	SI	SI
Fósforo	INSIGNIFICANTE	-	SI	SI
Potasio	SI	7.4 Kg. de K ₂ 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

7.- CONSIDERACIONES FINALES

En este agua 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 3/2020.

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.

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

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

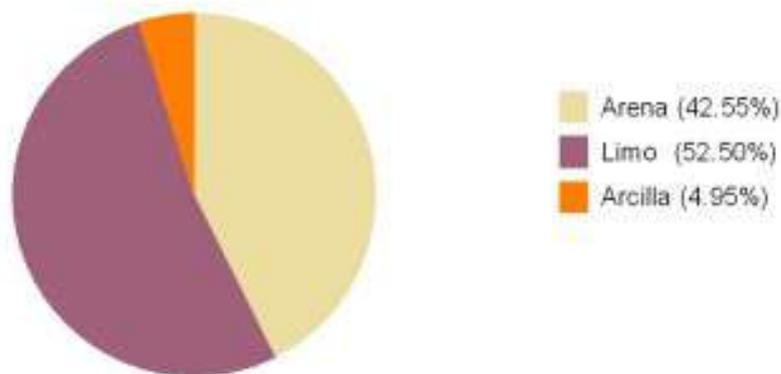
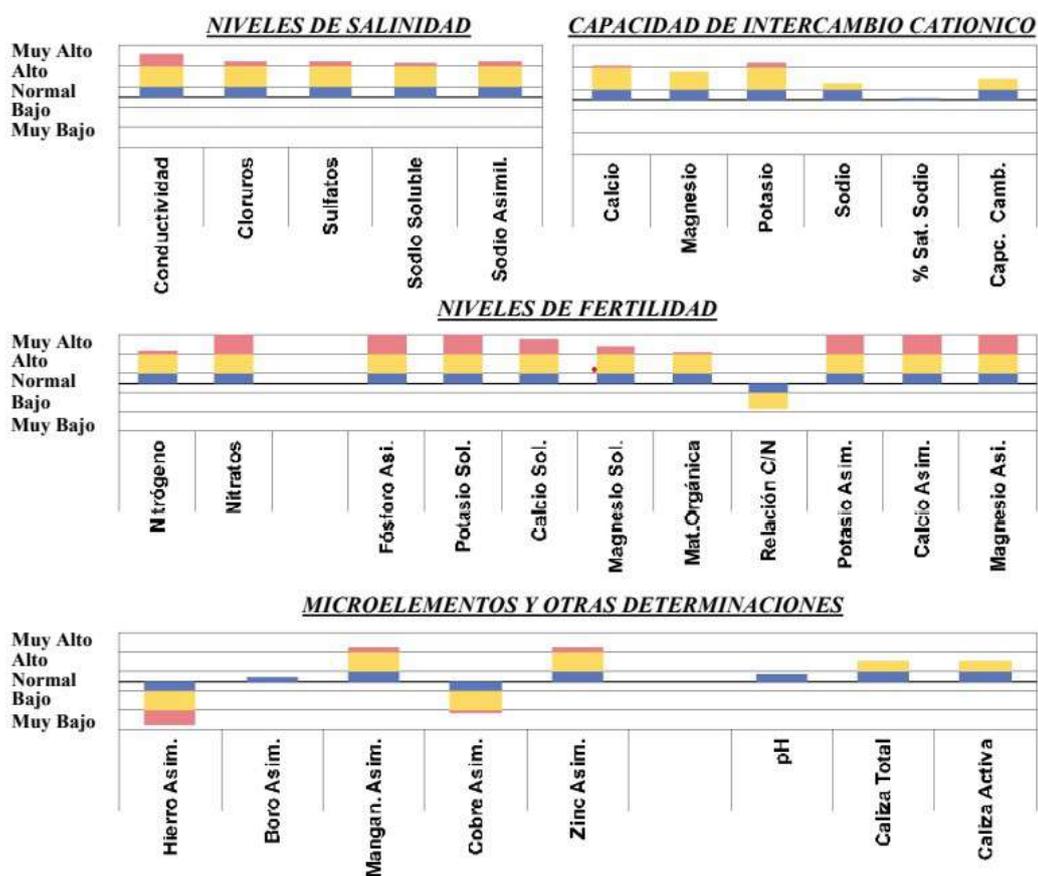


Figura nº 1. Distribución de la textura del suelo.

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

1.- NIVELES EN EL 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 tilde 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/m² (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 m² o lo que es lo mismo, 3 plantas por m².



Aspecto de los cultivos a fecha 20 de febrero de 2020, se aprecia la instalación de distintos dispositivos. Cosecha campaña 2019-2020.

Una vez levantado el cultivo anterior, a finales de junio de 2020, se procede 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.

No se realizó solarización en el año 2020, ya que en el análisis de bacterias, hongos y nematodos realizado en 2019 al suelo no se vieron altos niveles de patógenos, favorecido sin duda por la rotación de cultivos.



Aplicación de estiércol y arena para mejora del suelo del invernadero (30/09/2020).

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 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 acolcharse.



Túneles en calabacín y acolchado de film plástico en pimiento (25/11/2020).

En sustitución de la analítica del suelo programada para el año 2020, dado que se tenían los datos de 2019 y no se esperaban variaciones significativas, se realizó el 20 de junio de 2020 un análisis del estiércol empleado en el abonado de fondo, con los siguientes resultados:

Determinaciones (Parameters)	Método (Method)	Unidades (Units)	Muestra Seca (Dried Sample)	Incert. (Uncert.)	LC (LQ)	Muestra Fresca (Fresh Sample)
*pH a 24.42°C (1:25)	AGU0101		7.1	(1)	1.0	
*Humedad	QUI0003	(%)		(1)	2.5 (%)	41.26
*Materia Seca	QUI0003	(%)		(1)	0.1 (%)	58.74
*Materia Orgánica Total - CALCINACIÓN	QUI0005	(%)	60.4	(1)	0.5 (%)	35.5
*Cenizas	QUI0005	(%)	39.6	(1)	0.5 (%)	23.3
*Carbono Orgánico		(%)	35.0	(1)	0.5 (%)	20.6
*Nitrogeno total (N)	QUI0014	(% N)	1.68	(1)	1.0 (% N)	0.987
*Relación Carbono/Nitrógeno			20.8	--	N.D.	20.8
*Fósforo total (P)	FER0006	(% P2O5)	1.53	(1)	0.12 (% P2O5)	0.899
*Potasio total (K)	FER0006	(% K2O)	2.46	(1)	0.06 (% K2O)	1.45
*Calcio total (Ca)	QUI_1000_ICP_MS	(% CaO)	14.5	(1)	0.14 (% CaO)	8.52
*Magnesio total (Mg)	QUI_1000_ICP_MS	(% MgO)	1.35	(1)	0.17 (% MgO)	0.793
*Sodio total (Na)	QUI_1000_ICP_MS	(% Na2O)	0.754	(1)	0.13 (% Na2O)	0.443
*Azufre total (S)	QUI_1000_ICP_MS	(% SO3)	7.72	(1)	0.1 (% SO3)	4.53
*Cloruros (Cl-)	IC-100	(% Cl-)	1.04	(1)	0.13 (% Cl-)	0.611
*Boro total (B)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	30.9	(1)	6.0 (mg/kg)	18.2
Cobre total (Cu)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	43.4	(1)	2.0 (mg/kg)	25.5
*Hierro total (Fe)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	0.290	(1)	20 (mg/kg)	0.170
*Manganeso total (Mn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	289	(1)	10 (mg/kg)	170
Molibdeno total (Mo)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	2.92	(1)	0.5 (mg/kg)	1.72
Zinc total (Zn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	284	(1)	5.0 (mg/kg)	167

El estiércol se puede considerar el normalmente empleado en la zona, presentando 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 SO₃.

3.6. Riegos y abonados.

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 (NO₃) al 60% y KNO₃ al 40%, manteniendo un pH de 6 con aportaciones de HNO₃.

En el periodo comprendido entre los 60 días del trasplante y la recolección del cultivo se mantendrá el incremento de la conductividad eléctrica, pero invirtiendo los porcentajes de los abonos (40% Ca (NO₃) y 60% KNO₃).

Los riegos pueden variar 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.

Respecto al riego hidropónico de la berenjena, en diciembre de 2020 hay un 60% de drenaje, aportando 3 riegos de 3 minutos al día (9 minutos al día); pero no se puede regar menos porque entonces la planta no recibe el abono que necesita, aun estando pequeñas.

Cuando el drenaje baje al 30% se irá aumentando el número de riegos de 3 minutos hasta llegar a un máximo de 15 minutos al día. La conductividad eléctrica de entrada se mantiene entre 2,5 y 3 microsiemens/cm y cuando la de salida llega a 6 se riega para bajar esta conductividad al entorno de 3. Cada 20 días hay que hacer un lavado de sales con un riego más intenso.

En relación al abonado, por la variedad de cultivos, no es 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.

3.7. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas.

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

Durante todo el ciclo de cultivo se observará la presencia de malas hierbas procediendo a su eliminación ya sea 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 hasta la fecha de emisión del presente informe son:

FECHA	CULTIVO	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
15/11/2019	Todos	Espiromesifen 24%	Araña roja
22/11/2019	Todos	Abamectina Lambda-cihalotrín	Araña roja Mosca blanca
17/12/2019	Pimientos	Ciflufenamida 5,13% g/l	Oidio
13/01/2020	Pepinos Pimientos Tomateras	Spirotetramat 15% Espiromesifen 24% Azufrado	Pulgón Ácaro blanco Hongos
11/02/2020	Berenjena	Cipermetrina	Mosca blanca
17/02/2020	Berenjena	Abono foliar + algas	Nutrición
26/02/2020	Berenjena	Tiametoxan 250 g/kg Tebuconazol 25%	Mosca blanca Botritis

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 tabaci*).



Suelta de *Amblyseius swirskii* en berenjena (01/02/2021)



Aspecto de las plantas de tomate (01/02/2021)

3.8. Dispositivos instalados.

Se han instalado en la primera anualidad los siguientes aparatos y dispositivos:



- 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 hortalizas en suelo, con su correspondiente software de transmisión de datos y placa solar de alimentación.

- 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.



Aspecto de los dispositivos de control de humedad en el suelo. Foto 1 febrero de 2021.



Caudalímetro para tubería portagoteros y sensor para saco de fibra de coco.

- Dispositivos como 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 (15 y 40 cm).



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.
- Consumo de abono.
- Tratamientos fitosanitarios.
- Precocidad del cultivo.
- Datos de humedad gravimétrica en el suelo.

Está pendiente la finalización del cultivo de la campaña 2020/2021, 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 colocan en profundidad 3 sensores del I5, colocado en tomate 15, 30 y 50 cm, que se colocan mediante barrena para no alterar el suelo. Las sondas de potencial matricial miden la fuerza que necesita la planta para extraer el agua y se basan en la constante dieléctrica del suelo, que transforma en contenido de humedad.

Las sondas de potencial matricial no dependen de la textura del suelo y su medida sí vale para todos los suelos, pues da los kilopascales para la extracción del agua. Estas sondas 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, 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, sonda de CE del agua de riego en la línea 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 identifico 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)

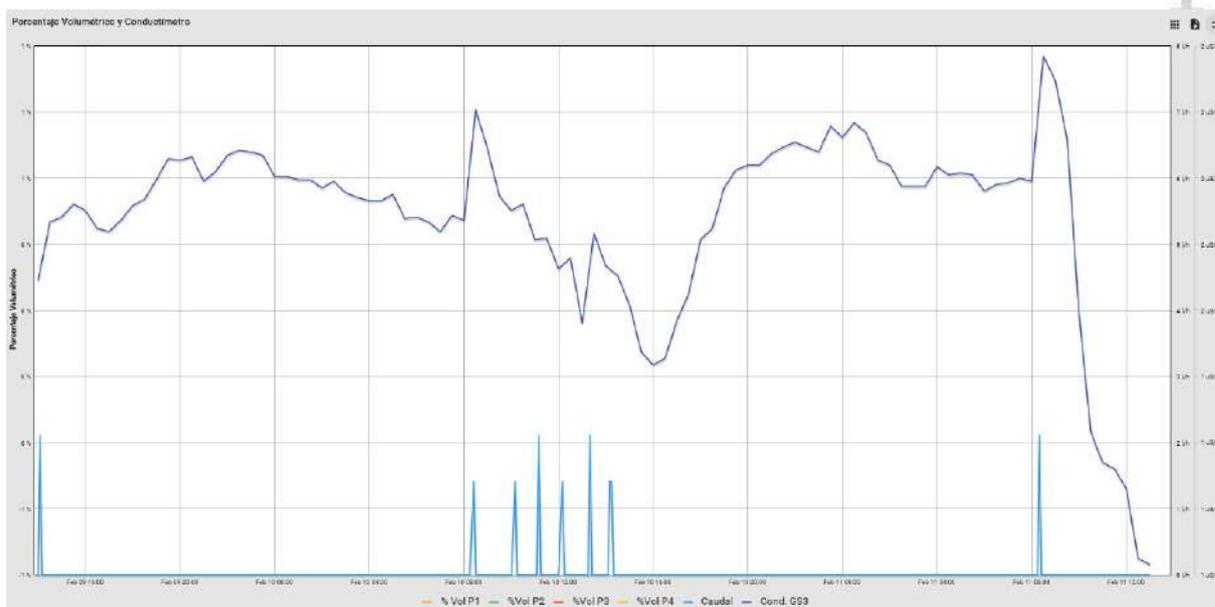
Línea inferior = déficit hídrico (ej 25 kpascales)

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:

Gráfica de conductividad y riego en cultivo de berenjena (9-11 febrero 2021)



En la gráfica se observa por un lado y en color azul claro la línea que indica los riegos, dónde se aprecia que se están aplicando 6 riegos diarios, entre las 8 y 14 h. El sistema permite ver la hora de inicio y fin de cada riego y la duración, que es de 10 minutos, por lo que se riega un total de 60 minutos al día, que en goteros de 2l/hora hace un total de 2 l por planta.

Por otro lado se representa en color más oscuro la gráfica de la evolución de la conductividad, que oscila entre 1,5 y 1,7 micro Siemens por centímetro. Se observa cómo cuando se produce el riego la conductividad marcada por la sonda baja, consecuencia lógica del lavado de sales que se produce al entrar al saco de fibra de coco agua de riego con abono a una conductividad menor (1,4 mS/cm). Por el contrario, por la noche la conductividad sube, como consecuencia de que se seca la fibra de coco y disminuye la humedad.

La gran bajada de conductividad que se observa al final de la gráfica se debe a un riego más intenso (de 40 minutos de duración) que se realiza esporádicamente para conseguir el lavado de sales en toda la instalación.

La sonda se ha colocado en este caso entre dos goteros o plantas, habiendo técnicos que prefieren colocarla directamente pinchando el saco en el mismo gotero.

Gráfica de porcentaje volumétrico de agua y riego en cultivo de tomate en suelo (15 enero a 11 febrero 2021)



En la gráfica se observa por un lado y en color azul claro la línea que indica los riegos, dónde se aprecia que se están aplicando 3 riegos diarios al principio y 4 después. Los riegos se producen entre las 8 y 16 h. El sistema permite ver la hora de inicio y fin de cada riego y la duración, que es de 10 minutos, por lo que se riega un total de 60 minutos al día, que en goteros de 2l/hora hace un total de 2 l por planta.

Por otro lado se representa en tres colores oscuro la gráfica de la evolución del porcentaje volumétrico de agua en el suelo, representando la línea roja la sonda a más profundidad (50 cm) la

línea verde la sonda a 30 cm y la línea beige la sonda más superficial, situada a sólo 15 cm de la superficie.

Al principio de la instalación, se observa cómo la línea roja, la de la sonda más profunda, tiene un porcentaje volumétrico de humedad mayor del 35%, para ir bajando paulatinamente desde un momento hacia finales de enero y situarse por debajo del 20%. Ello se debe al intenso riego inicial que se da a estos cultivos para el arraigo, con el objetivo de que el agua profundice y se consigan también raíces profundas y más resistentes que las superficiales de cabellera. En este caso, trascurrido más de un mes desde la plantación hasta que la humedad profunda comenzó a disminuir, la gráfica indica que quizá el riego fue excesivo.

La línea verde sigue un patrón similar a la roja y sería dónde está la mayor parte de las raíces. El porcentaje volumétrico de agua en esta sonda es menor porque es dónde se produce la mayor absorción por parte de las plantas y por ende, la mayor desecación del suelo.

Respecto a la sonda más superficial, el porcentaje volumétrico de agua se mantiene en el entorno del 30%, bajando poco por haber plástico acolchado que retiene la humedad y por ser dónde se produce el goteo.

Para este tipo de suelos franco-arcillosos, el porcentaje volumétrico de agua se mueve entre el 15 y el 40%. En el caso de suelos arenosos estas cifras están entre el 10 y el 20%, ya que estos suelos apenas pueden retener en sus poros más de un 20% de agua.

4.3 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc.

No se ha podido realizar la toma de muestras planificada en la campaña 2019/2020 por lo escalonado de las cosechas y la dificultad de programar las recolecciones con tantos cultivos y no poder terminar la recolección por las restricciones de asistencia al Centro por alarma Sanitaria.

Queda pendiente realizar la recolección y control de calidad de la campaña 2020/2021, que en el momento de cierre del informe está comenzando. No se pretende un dato exhaustivo de cosecha, sino simplemente evaluar si esta es adecuada para las distintas especies y permite afirmar que la feritrigación se ha realizado sin detrimento de la producción normal de este tipo de cosechas.

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 2019/2020 y sirvió para comprobar que se estaba regando en exceso al principio en el arraigo de las plantas y al final a causa de la presencia de una borrasca que duró varios días.

Según las lecturas de los caudalímetros colocados en las líneas portagoteros, la línea de pimiento, que abarca una superficie de 12 m² ha requerido un total de 4,641 m³ de agua y la línea de berenjena, de 15 m² ha requerido 6,81 m³, esto supone para todo el ciclo del cultivo (de unos 180 días) una dosis de 3.900 m³/ha para pimiento de invernadero y 4.540 m³/ha en el cultivo hidropónico de berenjena. Estas dosis de riego aplicado incluyen el proceso de arraigo, riego del cultivo y lavado de sales y se pueden considerar moderadas para este tipo de cultivos.

En febrero de 2020 se realizó la instalación de los dispositivos fullStock, que permiten intuir de una manera directa el movimiento del agua en el suelo. Dado que el cultivo aún está en desarrollo, hay que ver la correlación con los datos de los sensores para comprobar la bondad de estos dispositivos.

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.

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 estado de alarma por la pandemia del coronavirus.

7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.



Jornada técnica colocación sensores humedad suelo (15/01/2021)



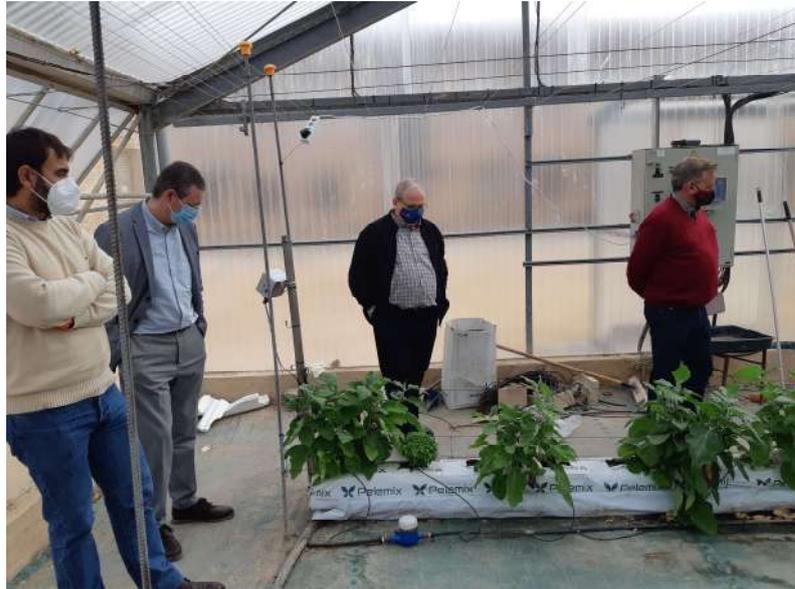
Jornada técnica colocación sensores humedad suelo (15/01/2021)



Jornada técnica colocación sensores humedad suelo, ponencia (15/01/2021)



Visita a invernadero del Director General de Agricultura, Industrias agrarias y cooperativismo agrario y Jefe de Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica y técnicos (03/02/2021)



Visita cultivo hidropónico berenjena del Director General de Agricultura, Industrias agrarias y cooperativismo agrario, Jefe de Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica y técnicos (03/02/2021)



Explicaciones técnicas sobre dispositivos control de riego (03/02/2021).



Visitas técnicas dispositivos control de riego (04/02/2021).



Jornada técnica colocación dispositivos FullStock (24/02/2021)



Jornada técnica colocación dispositivos FullStock (24/02/2021)

