

## INFORME ANUAL DE RESULTADOS

**Reconducción de drenajes de cultivos hidropónicos hacia cultivos más resistentes a la salinidad y que capturen N, según las directrices de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor.**

**AÑO: 2021**

**CÓDIGO PROYECTO: 21CTP1\_13**

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



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

*“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. ....	8
3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.....	9
3.4. Características del agua.....	9
3.5. Inversiones realizadas. ....	10
3.6. Preparación suelo, marco y densidad de plantación. Sistema de formación y/o entutorado. .	16
3.7. Riegos y abonados.....	18
3.8. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas. ....	19
3.9. Análisis realizados. ....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Parámetros y controles realizados.....	23
4.2 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc. ....	26
5. CONCLUSIONES. ....	29
6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS. ....	30
7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.....	30

## 1. RESUMEN.

La actividad durante 2021 ha consistido en el establecimiento en el CIFEA de Torre-Pacheco de parcelas demostrativas en dos invernaderos existentes y que se rehabilitaron para tal fin, con sistemas de riego hidropónico y recogida de drenajes para su empleo en sucesivos cultivos menos exigentes.

En el invernadero nº 1 se realiza un cultivo hidropónico en fibra de coco, con recogida de drenajes en una arqueta y recirculación de los mismos hacia el invernadero nº 2, dónde se mezcla con agua de riego para su empleo en cultivos más resistentes a la salinidad. En este invernadero nº 2 se ha realizado una instalación de riego y abonado y la rehabilitación de bancadas, recubriéndolas con plástico impermeable para evitar pérdidas de drenaje y facilitar su recogida.

Durante la anualidad 2021 se ha realizado un cultivo de berenjena en hidropónico y de algunas filas de pimiento, en una superficie de 400 m<sup>2</sup> y el drenaje resultante se ha aplicado en unas bancadas de unos 100 m<sup>2</sup> de superficie de agua, donde se ha producido la planta acuática lenteja de agua (*Lemna minor*). A su vez, los drenajes de esta planta acuática se han aplicado a un cultivo de higueras (*Ficus carica*), en maceta y también bajo invernadero.

Según las lecturas de los caudalímetros colocados en las línea portagoteros, se ha aplicado para todo el ciclo del cultivo (de unos 180 días) una dosis de 4.500 m<sup>3</sup>/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. El volumen lixiviado se contabiliza en unos 1.530 m<sup>3</sup>, el 34% del aportado, lo que es algo elevado para este tipo de cultivos e indica la necesidad de reaprovechar esos efluentes.

Los resultados medios de concentración de nitratos medida en arqueta de salida de drenajes en cultivo hidropónico de berenjena dan 467,75 mg/l y los resultados medios en el agua de las bancadas de *Lemna minor* dan 388,38 mg/l. Esto supone una bajada de la concentración de 79,36 mg/l, un 17% menos.

Se ha producido una cantidad total de lenteja de agua fresca de 335 kg en un periodo de 6 meses y para una superficie de 100 m<sup>2</sup> de bancada de agua. Con el secado se pierde un 70% de agua, por lo que la producción seca apenas asciende a 100 kilos en 6 meses, a 1 kg/m<sup>2</sup> de planta seca por superficie de agua. La lenteja fresca se ha dado a comer a peces de tilapia, no gustando a los otros animales del CIFEA (conejos, pollos, ocas) ni a ovejas y cabras de un ganadero.

Tras analizar lenteja de agua seca, los resultados indican que el cultivo de *Lemna minor* es capaz de retener cantidades considerables de nutrientes, destacando los 31.100 mg/kg (31,11 g/kg) de nitrógeno, así como también son ricas en micoelementos como el cobre, aluminio, hierro, manganeso o estroncio.

Respecto a las higueras, no hay aún resultados porque se pusieron hacia final de año, pero de momento han arraigado bien con esas aguas recirculadas.

## 2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN.

### JUSTIFICACIÓN

Los agricultores del Campo de Cartagena, cuyo centro es Torre-Pacheco, están sometidos a la aplicación de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor (B.O.R.M. 01/08/2020), por el impacto que ha tenido la actividad agrícola en el deterioro del Mar Menor.

Uno de los objetivos de la Ley 3/2020 es reducir los volúmenes de agua, productos fertilizantes y fitosanitarios empleados, para lo que establecen una serie de limitaciones relacionadas con los ciclos de cultivo, el uso de fertilizantes minerales, la implantación de barreras de vegetación....

El artículo 48 se refiere a la aplicación obligatoria del programa de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario.

*1. De acuerdo con la normativa reguladora de la lucha frente a la contaminación por nitratos de origen agrario, la Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos del Campo de Cartagena contará con un programa de actuación específico, que será de aplicación obligatoria.*

*2. El programa de actuación de la Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos del Campo de Cartagena incluirá con carácter obligatorio, al menos, las medidas que se indican en el anejo 2 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, así como las medidas que proceda incorporar del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.*

*Dentro de las medidas establecidas en el programa de actuación, éste identificará las que se consideren especialmente relevantes en la lucha contra la contaminación por nitratos.*

Y por último, el artículo 50 establece los tipos de cultivo admisibles en la Zona 1.

*1. En la Zona 1, solo se permite la actividad agrícola que implique cultivos de secano, agricultura ecológica de regadío, sistemas de cultivo en superficie confinada con recirculación de nutrientes o agricultura sostenible de precisión. Se entiende por agricultura sostenible de precisión la agricultura de regadío que emplea el mínimo de nutrientes y es capaz de sincronizar su disponibilidad con la absorción por los cultivos. La agricultura sostenible de precisión mejora el microbioma del suelo y minimiza los riesgos de lixiviación de nutrientes y emisión de gases de efecto invernadero.*

*Todas estas limitaciones serán tenidas en cuenta en nuestro proyecto, que implica el empleo de sistemas de cultivo en superficie confinada con recirculación de nutrientes.*

## OBJETIVOS

Se ha diseñado una parcela demostrativa en la que se emplea la gestión de los drenajes de cultivos hidropónicos en un invernadero con bancadas con agua recirculante; aplicando ese drenaje a sucesivos cultivos cada vez más resistentes a la salinidad, acabando en un cultivo halófito.

Aunque no se puede recircular indefinidamente el drenaje en el mismo cultivo por el aumento de la salinidad y porque los elementos tóxicos se van concentrando y hay que tirar una fracción importante, se ha diseñado un sistema de cultivos escalonados que permita con el drenaje de un primer cultivo regar un segundo, con las aportaciones de agua y fertilizantes necesarias y con ese si es posible se regará un tercero, yendo siempre a cultivos menos exigentes.

En esta anualidad 2021 se ha realizado un cultivo hidropónico de berenjena en el primer invernadero y recirculación primero a dos bancadas con la planta acuática lenteja de agua y el drenaje de esta que va a un depósito luego se aplica diluido a un cultivo de higueras en maceta y bajo el invernadero. Finalmente el recirculado se recoge en un depósito, disponiendo además el invernadero de dos aljibes que también pueden utilizarse para acumular el drenaje y regar los siguientes cultivos.

El último drenaje o salmuera ya muy concentrado se puede aplicar en un lago con plantas halófitas, por debajo de las 50 pp de nitratos o hacer una salina artificial para evaporación.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

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

Esta anualidad 2021 se ha realizado un cultivo en sustrato de fibra de coco de berenjena y algunos pimientos, con plantación en diciembre 2020 y recogida de drenajes a lo largo de todo 2021.

El drenaje de las hortícolas en sustrato (estimado en un 20%) se reconduce hacia las bancadas de *Lemna minor* y el drenaje de estas a su vez hacia un depósito para el riego de higueras en maceta, mezclando con agua de riego y abonando desde un cabezal instalado a tal efecto. El cultivo de higueras en intensivo se realiza en dos bancadas y a su vez el drenaje de estas higueras va a un depósito, previendo en un futuro su empleo en plantas salobres o algún biorreactor que filtre estos drenajes tan concentrados.

El ensayo pretende conocer cuánto drenaje procedente de los cultivos hidropónicos se puede aprovechar en el cultivo de lenteja de agua e higueras para evitar drenajes perdidos, en consonancia con la Ley 3/2020 de protección y recuperación del Mar Menor.

En sucesivas anualidades se pretende ver si es factible utilizar alguna de las bancadas para el empleo de los drenajes más concentrados en un jardín de plantas halófitas (*Salsola oppositifolia*, *Sarcocornia fruticosa*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Dittrichia viscosa*) con recubrimiento de plástico negro impermeable por el que circularían estos drenajes y vegetación halófitas alrededor, lo que constituiría un jardín que permitiría emplear este residuo. Aquí es necesario evaluar la viabilidad de las plantas en este ambiente, que se regarían posiblemente directamente con el agua del embalse, la cantidad de drenajes que se eliminan por este método y el interés paisajístico del jardín.

La lenteja de agua común o lenteja de agua menor (*Lemna minor*) es una planta acuática pequeña, de la familia de las aráceas, siendo esta es la más conocida de las especies de lenteja de agua. Sus hojas flotantes son oblongas, con 3 nervios destacados y se sumerge para florecer. Es una especie casi cosmopolita, que crece con gran rapidez y eficiencia, aprovechando los fertilizantes residuales de las plantaciones colindantes para su crecimiento de forma incontrolada, motivo por el cual se ha empleado en el ensayo.



Foto nº 1. Lenteja de agua en pleno desarrollo en el drenaje del cultivo hidropónico (05/04/2021).





Foto nº 2. Producción y secado de la *Lemna minor* (23/04/2021).

En cuanto al cultivo hidropónico, se ha elegido la berenjena, por su cierta resistencia a la salinidad, que ha permitido unas dosis más altas de abonado de cara a los primeros tanteos a realizar en el ensayo.



Foto nº 3. Aspecto del cultivo hidropónico de berenjena al final del ciclo (05/05/2021).

### 3.2. Ubicación del proyecto y superficie.

El proyecto estará ubicado en el CIFEA de Torre-Pacheco, según ortofoto adjunta.

Los dos invernaderos que se van a emplear se han acondicionado recientemente a falta de realizar las instalaciones necesarias para este ensayo y son los que se reflejan en la siguiente ortofoto, formando un L y con una dimensiones de 430 m<sup>2</sup> el invernadero que sería destinado a hortícolas (el de la izquierda, en adelante invernadero 1) y 340 m<sup>2</sup> el que tendría el cultivo de higueras y el reciclado para plantas salobres (el de la derecha, en adelante invernadero 2).

En total una superficie de 770 m<sup>2</sup> de cultivos en invernadero.



Foto nº 4. Ortofoto con ubicación del invernadero 1 (hidropónico) a la izquierda y el invernadero 2 (recirculación) a la derecha.

El marco de plantación es el habitual en estos cultivos en sustrato hidropónico de fibra de coco.



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

En el invernadero nº 1 se ha puesto una instalación completa de cultivo hidropónico en fibra de coco. Se recoge el drenaje de este invernadero de las hortalizas en hidropónico (berenjena/pimiento) a través de una poceta en la parte posterior del mismo construida a tal efecto. Este invernadero está automatizado y en funcionamiento. Desde allí se impulsa por medio de una bomba a las bancadas dedicadas al cultivo de *Lemna minor* y aljibes de recogida de drenajes y en el que se ha realizado la instalación de riego completa.

En un depósito de 5.000 l se mezclan los drenajes con agua de riego para su dilución y será reaprovechado en otros cultivos.

Para ajustar al mínimo los riegos, se han colocado dos sondas de medida de conductividad en los sacos de fibra de coco, con su correspondiente software de transmisión de datos.

### 3.4. 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. A una muestra de esta agua se le realizó un ensayo en laboratorio, donde los resultados fueron los siguientes:

Determinaciones (Parameters)	Resultado	Incertidumbre	Equivalencias (Equivalency)		LC (LQ)
	(Result)	mg/l	(Uncertainty)	meq/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-)	193		5.44	5.44	5.0 (mg/l)
*Sulfatos (SO4)	148		3.08	1.54	5.0 (mg/l)
*Carbonatos (CO3 2-)	< 5.0		< 0.167	< 0.0833	5.0 (mg/l)
*Bicarbonatos (HCO3 -)	118		1.93	1.93	5.0 (mg/l)
*Nitratos (NO3)	6.14		0.0990	0.0990	1.0 (mg/l)
*Nitrógeno Amoniacal (NH4)	< 0.10		< 0.00556	< 0.00556	0.1 (mg/l)
Fosfatos (H2PO4)	0.548	± 0.049	0.00565	0.00565	0.31 (mg/l)
<b>DETERMINACIONES POTENCIOMÉTRICAS</b>					
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)
<b>OTRAS DETERMINACIONES</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)		LC (LQ)
*Sales Solubles Totales (TDS)	724	(mg/l)			N.D.

<i>ÍNDICES (Indicators)</i>					
<i>Índice (Indicator)</i>	<i>Resultado (Result)</i>	<i>(Unidades) (Units)</i>	<i>Índice (Indicator)</i>	<i>Resultado (Result)</i>	<i>(Unidades) (Units)</i>
*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 (pHc)	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	

Para utilizarla como agua de riego, se deberá tener en cuenta el análisis del agua para realizar un plan abonado, a la vez que se utilizarán los datos de análisis de suelo así como las necesidades del cultivo a fertilizar.

Basándose en la generalidad de los suelos de la zona y para un cultivo sin determinar, se presenta el siguiente cuadro resumen, que puede ser útil para obtener una fertilización controlada.

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

### 3.5. Inversiones realizadas.

Se han realizado durante la anualidad 2021 inversiones para la puesta en marcha de las parcelas demostrativas, siendo las más significativas:

- 150 ml tubería RIEGO PVC de presión para impulsión de drenajes, Ø 90 mm. Desde parte posterior del invernadero 1 hasta el invernadero 2 y de ahí a depósito de recogida. Recogida pluviales a poceta.



Foto nº 5. Zona por donde discurre la tubería de impulsión de drenajes, de la parte posterior del invernadero 1 a la parte delantera del 2.

- Arquetas de recogida de drenajes



Foto nº 6. Arquetas de recogidas de drenajes.



- Balsa de hormigón de 4 x 2 x 1,5 m<sup>3</sup> para recogida de drenajes del invernadero 1, ubicada en su parte posterior, con tapadera metálica. Puede contener hasta 12 m<sup>3</sup> de drenajes.



Foto nº 7. Construcción arqueta recogida drenajes hidropónicos.

- Hidroponía en invernadero, con instalación de sacos de fibra de coco y lámina de plástico en I1 en 400 m<sup>2</sup>. Incluye instalación de fertirrigación completa para cultivos hortícolas en invernadero y ornamentales, que incluye sistema de distribución por parcela. La superficie de goteros, descontando espacios comunes, es de 300 m<sup>2</sup> en el I2.



Foto nº 6. Sacos de fibra de coco en invernadero hidropónico (03/12/2021).



- Plantación de 50 higueras reinjertadas con cepellón con cepellón de vivero especializado.



Foto nº 7. Preparación de las bancadas para el cultivo de higueras y contenedores de maceta (15/10/2021).



Foto nº 8. Bancadas para el cultivo de higueras y bancadas para lenteja de agua.

- Programador riego localizado para 12, para abonado y riego, con control de PH, colgado a pared de invernadero. Se instalan además 4 bombas de 300 l/hora: de arqueta hidropónico al depósito de mezclas, de cada aljibe para regar (2 bombas) y otra bomba que lleva el agua del segundo aljibe a un depósito de recogida de drenajes. La instalación comprende también caudalímetros para el control de los flujos de agua y red de riego localizado.



Foto nº 9. Programador de riego, bombas y dispositivos de riego en invernadero de recirculación.



Foto nº 10. Caudalímetro para el control de volumen drenado y programador del riego.

- Psicrómetro para el control de automatismos por humedad atmosférica.



Foto nº 11. Psicrómetro para el control de automatismos por humedad atmosférica (29/11/2021).

- Tanque de fertilización para invernadero nº 2 de 1000 litros.



Foto nº 13. Tanque de mezclas para riego higueras.







Foto nº 14. Dispositivo artesanal de aireación del agua de la lenteja (28/01/2021).

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

La plantación se realizó en otoño de 2020 y consistió en un cultivo de pimiento y berenjena en hidropónico y otro de higueras y *Lemna minor* dónde van a parar los drenajes.



Foto nº 15. Suelta de *Amblyseius swiky* en berenjena hidropónica (01/02/2021).



Se han plantado 2 bancadas de higueras de 25 árboles cada una, de las variedades 'Dalmatie', de higos blancos y otra de la variedad de higos negros 'Brown turkey', ambas adecuadas para el cultivo intensivo en invernadero y de producción temprana.

Como repelentes de plagas se pusieron las aromáticas siguientes: *Ononis natrix* y *Ditrichia viscosa*.



Foto nº 16. Bancadas con higueras recién plantadas y contenedores de maceta (03/11/2021).



Foto nº 17. Higueras brotando en los contenedores de maceta (01/03/2022).

### 3.7. Riegos y abonados.

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.

Se realizó la 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. También se colocaron caudalímetros para el control del riego aplicado.



Foto nº 18. Contador volumétrico de riego (24/02/2021).

Se ha contabilizado un porcentaje de drenaje promedio de 34% respecto al agua aplicada, siendo el porcentaje adecuado a este tipo de cultivos del 27%, según la bibliografía. Ello se debe a que se obtenían drenajes del 20% a primeras horas de la mañana, pero había que llegar hasta 40 o 50% en las horas centrales del día del periodo de desarrollo, manteniendo este rango de porcentaje por medio de la frecuencia y tiempo de riego para reducir el riesgo de acumulación de iones, que en exceso pueden resultar tóxicos para las plantas.

En los dos primeros meses hay un 50% de drenaje medio en la berenjena, 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 baja al 30% se va 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 y eso ha influido en el porcentaje algo elevado de drenaje medio de todo el cultivo.





Foto nº 19. Aporte de agua de drenaje en bancadas de *Lemna minor* (21/01/2021).

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

Los tratamientos fitosanitarios han sido los habituales en este tipo de cultivos, sobre todo para el control de la mosca blanca y enfermedades fúngicas, siendo lo más notable el empleo de plantas aromáticas repelentes de estas plagas y la suelta de auxiliares como el *Amblyseius swiky*.



Foto nº 20. Suelta de *Amblyseius swiky* en berenjena hidropónica (01/02/2021).



### 3.9. Análisis realizados.

Durante todo el ciclo de cultivo se ha realizado análisis foliar y de la concentración de nitratos del agua extraída en las sondas de succión, midiendo el pH y la conductividad del agua de las sondas en laboratorio del CDA de Torre-Pacheco.



Foto nº 21. Control de la conductividad y pH del agua de la lenteja de agua (5 abril 2021).

En mayo de 2021 se realizó análisis foliar de la hoja de berenjena, con los siguientes resultados:

Determinaciones (Parameters)	Método (Method)	Unidades (Units)	Resultado (mues seca) (Result) (dried sampl)	Incert. (Uncert.)	LC (LQ)
Nitrógeno (N)	QUI0014	(%)	> 2.78	--	0.52 (%)
*Fósforo (P)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	0.43	± 0.09	0.025 (%)
*Potasio (K)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	4.53	± 0.91	0.13 (%)
*Calcio (Ca)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	1.79	± 0.36	0.13 (%)
*Magnesio (Mg)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	0.27	± 0.05	0.13 (%)
*Sodio (Na)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	< 0.13	--	0.13 (%)
Boro (B)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	32.8	± 6.6	3.0 (mg/kg)
Manganeso (Mn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	191	± 38	1.0 (mg/kg)
*Hierro (Fe)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	123	± 25	2.0 (mg/kg)
Zinc (Zn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	37.4	± 7.5	2.0 (mg/kg)
Cobre (Cu)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	8.7	± 1.8	1.0 (mg/kg)
Molibdeno (Mo)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	0.79	± 0.16	0.08 (mg/kg)

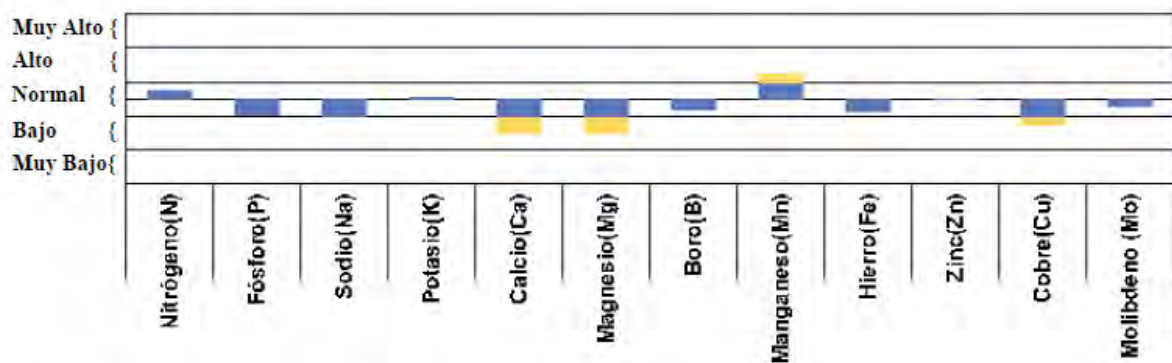


**RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO**  
(Results out of accreditation range)

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
Nitrógeno (N)	4.97	(%)

Los niveles obtenidos indican lo siguiente:

**1.- NIVELES.**



**2.- ESTADO DE LOS MACROELEMENTOS.**

Presentan desequilibrio con niveles por debajo de los óptimos en: Calcio(Ca), Magnesio(Mg).

MACRONUTRIENTE	NIVELES OPTIMOS (% S.M.S.)	NIVEL EN HOJA
Nitrógeno (N)	3.50 - 5.50	NORMAL
Fósforo (P)	0.40 - 0.90	NORMAL
Potasio (K)	3.50 - 5.50	NORMAL
Calcio (Ca)	2.40 - 3.60	BAJO
Magnesio (Mg)	0.40 - 1.00	BAJO
Sodio (Na)	< 2.00	NORMAL
Cloruros		
Azufre (S)		

**3.- ESTADO DE LOS MICROELEMENTOS.**

Presentan desequilibrio con niveles por encima de los óptimos en: Manganeso(Mn).

Presentan desequilibrio con niveles por debajo de los óptimos en: Cobre(Cu).

MICRONUTRIENTE	NIVELES OPTIMOS (ppm S.M.S.)	NIVEL EN HOJA
Boro (B)	25 - 65	NORMAL
Manganeso (Mn)	90 - 150	ALTO
Hierro (Fe)	100 - 240	NORMAL
Zinc (Zn)	20 - 55	NORMAL
Cobre (Cu)	10 - 20	BAJO
Molibdeno (Mo)	0.3 - 2	NORMAL

El análisis indica un nivel normal en hoja de N-P-K y también de boro, sodio, hierro y molibdeno, un nivel alto de manganeso y un nivel bajo de cobre, magnesio y calcio. Los valores indican una fertilización normal para este tipo de cultivos sin suelo.

La evolución del proyecto de transferencia ha aconsejado un replanteamiento del presupuesto, puesto que del esquema inicial de realizar los 12 análisis de drenajes en sondas en laboratorio especializado, se ha pasado a poder realizarlo en el propio laboratorio del CDA, dado que se ha podido reparar, poner en marcha y calibrar el espectrofotómetro existente en el Centro y estos análisis se ha realizado sin coste externo. Tampoco ha sido necesario realizar análisis de suelo, por estar caracterizado el que se ha echado en los maceteros que contienen las higueras.

Por otro lado, sí que se ha visto conveniente la realización de análisis de bacterias, hongos y algas en el agua de riego, ya que se ha visto mermada la producción de lenteja de agua en este ensayo y puede deberse a infecciones de estos patógenos que compiten con la misma.

El motivo del cambio de planificación es por lo tanto, la necesidad de determinar la presencia de hongos, bacterias o algas en el agua empleada, que podría estar interfiriendo en el desarrollo y crecimiento de la lenteja de agua. Los resultados, obtenido en noviembre de 2021, se reflejan a continuación, pudiendo apreciarse que no hay presencia de las algas o bacterias más comunes en el agua de drenaje de los cultivos y sólo hay una presencia significativa de hongos de los géneros *Fusarium* y *Phytium*, que podrán competir con la lenteja de agua.

#### ANÁLISIS DE BACTERIAS.

DETERMINACIÓN	Resultado
INVESTIGACION ERWINIA CAROTOVORA (Aislamiento en placa)	No detectado
INVESTIGACION PSEUDOMONAS CICHORII (Aislamiento en placa)	No detectado
INVESTIGACION PSEUDOMONAS SYRINGAE (Aislamiento en placa)	No detectado
INVESTIGACION XANTHOMONAS CAMPESTRIS (Aislamiento en placa)	No detectado

#### ANÁLISIS DE HONGOS.

DETERMINACIÓN	Resultado
FUSARIUM OXYSPORUM (Rto. Filtración)	20
PHYTOPHTHORA SPP. (Rto. Filtración)	< 10
PYTHIUM SP. (Rto. Filtración)	80
RHIZOCTONIA SOLANI (Rto. Filtración)	< 10

ANÁLISIS DE ALGAS.

DETERMINACIÓN	Resultado
ALGAS AZULES	< 1
ALGAS CONYUGADAS	< 1
BRANQUIOPODOS	< 1
CILIADOS	< 1
CLOROFÍCEAS	< 1
COPÉPODOS	< 1
DIATOMEAS	< 1
EUGLENOFITOS	< 1
ROTIFEROS	< 1
ZOOFLAGELADOS	< 1

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1 Parámetros y controles realizados.

No hay repeticiones para diseño estadístico, sólo la medición de los drenajes y del desarrollo y producción de las plantas.

Se tomaron muestras del foso de recogida de drenajes del cultivo de berenjena y simultáneamente de la bancada dónde se cultivaba la planta lenteja de agua (*Lemna minor*). Se tomaron un total de 8 muestras desde marzo hasta junio, con los siguientes resultados:

Muestra	Fecha	pH	CE (mS)	[NO3-]
Drenaje berenjena	25/03/2021	6,11	4,38	478,52
Drenaje berenjena	29/04/2021	4,26	2,75	476,16
Drenaje berenjena	07/05/2021	6,13	1,86	391,49
Drenaje berenjena	14/05/2021	6,34	2,34	475,03
Drenaje berenjena	21/05/2021	6,07	3,43	477,22
Drenaje berenjena	28/05/2021	6,32	3,31	478,60
Drenaje berenjena	08/06/2021	4,42	3,53	482,75
Drenaje berenjena	11/06/2021	4,94	3,67	482,75

Muestra	Fecha	pH	CE (mS)	[NO <sub>3</sub> -]
Drenaje lenteja	25/03/2021	7,14	2,89	424,51
Drenaje lenteja	29/04/2021	6,4	2,34	424,76
Drenaje lenteja	07/05/2021	6,62	0,7	148,36
Drenaje lenteja	14/05/2021	6,62	1,94	376,28
Drenaje lenteja	21/05/2021	6,77	2,32	421,67
Drenaje lenteja	28/05/2021	6,66	2,58	450,05
Drenaje lenteja	08/06/2021	6,94	2,92	389,86
Drenaje lenteja	11/06/2021	6,8	3,2	471,61

La concentración de nitratos se midió en laboratorio en el espectrofotómetro, calculando su curva de calibrado y tomando valores de longitud de onda a 275 y 220 nanómetros. Los resultados medios de concentración de nitratos medida en arqueta de salida de drenajes en cultivo hidropónico de berenjena dan 467,75 mg/l y los resultados medios en el agua de las bancadas de *Lemna minor* dan 388,38 mg/l. Esto supone una bajada de la concentración de 79,36 mg/l, un 17% menos. Esta reducción de nitratos se debe exclusivamente a los nitratos absorbidos en el desarrollo de la lenteja de agua. La concentración del agua tras el cultivo de lenteja de agua sigue siendo muy elevada, si bien hay que tener en cuenta que se va aportando agua de drenaje del cultivo hidropónico regularmente y existe también evaporación en las bancadas de cultivo de lenteja de agua, lo que no permite bajar demasiado los nitratos.

En lo que respecta a la conductividad, el descenso es más notable, pasando de una media de 3,16 mS/cm en el drenaje hidropónico a 2,36 en las bancadas de *Lemna minor*, lo que supone una disminución del 25,3% de conductividad. Esta es el agua que se quiere emplear en el cultivo de higueras, ya con una salinidad más moderada.

En lo que respecta al pH, pasa de una media de 5,57 en el drenaje hidropónico a 6,74 en las bancadas de lenteja de agua, lo que supone un aumento del 17,3%. Ello es debido a que los abonos del cultivo hidropónico son acidificantes y el efecto de la lenteja de agua es subir este 17,3% el pH, con lo que se mejora el agua para el riego de las higueras.

En febrero de 2021 se realizaron en el laboratorio del CDA análisis del agua de riego y drenaje del cultivo hidropónico, con los siguientes resultados:



MUESTRA	CE	pH	F (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Br <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
Riego	2,9	7,75	<0,02	373,70	<0,1	0,88	340,40	116,80	295,64
Drenaje	2,1	6,13	0,55	201,89	<0,1	0,41	101,70	466,50	236,40

MUESTRA	Al (mg/L)	As (mg/L)	Be (mg/L)	Bi (mg/L)	B (mg/L)	Ca (mg/L)	Cd (mg/L)	Co (mg/L)	Cr (mg/L)
Agua de riego	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,32	47,91	<0,01	<0,01	<0,01
Drenaje	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,35	50,03	<0,01	<0,01	<0,01

MUESTRA	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	La (mg/L)	Li (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Na (mg/L)
Agua de riego	0,04	0,06	394,60	<0,01	0,04	37,28	0,33	0,01	236,50
Drenaje	0,01	0,45	400,60	<0,01	0,03	28,41	0,28	<0,01	135,00

MUESTRA	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	P (mg/L)	Rb (mg/L)	Sb (mg/L)	Se (mg/L)	Si (mg/L)
Agua de riego	<0,01	<0,01	51,33	0,14	<0,01	<0,01	5,91
Drenaje	<0,01	0,01	205,40	0,14	<0,01	<0,01	6,24

MUESTRA	S (mg/L)	Sr (mg/L)	Ti (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
Agua de riego	134,90	0,73	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Drenaje	91,09	0,62	<0,01	<0,01	<0,01	0,04

Como es lógico, la retención que realizan las raíces de las berenjenas hace que el contenido de iones sea menor en casi todos los elementos que en el agua de drenaje. La CE del agua de riego es de 2,9 mS/cm y la del drenaje de 2,1 mS/cm, bajando también el pH de 7,75 a 6,13. Es significativa la bajada del contenido de nitratos, que baja de 340 mg/l en el agua de riego a 101,70 en el drenaje.

Sólo se produce un aumento de la concentración de iones en el drenaje respecto al agua de riego en los elementos marcados en rojo, en unos niveles poco significativos. La única diferencia significativa es la subida de fósforo, lo que puede deberse a que estuviera retenido en el saco de fibra de coco y que se liberara en esos lavados.

Se realizó el análisis en laboratorio de los componentes de la lenteja de mar (*Lemna minor*) tras su secado al sol, como si se tratase de análisis de hojas, con los siguientes resultados:

Ntotal (g/100g)	Ctotal (g/100g)	Al (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Be (mg/Kg)	Bi (mg/Kg)	B (mg/Kg)	Ca (g/100g)	Cd (mg/Kg)	Co (mg/Kg)
3,11	22,81								

1162,81	7,09	0,02	<0,01	586,05	5,09	0,18	1,28
<b>Cr (mg/Kg)</b>	<b>Cu (mg/Kg)</b>	<b>Fe (mg/Kg)</b>	<b>K (g/100g)</b>	<b>La (mg/Kg)</b>	<b>Li (mg/Kg)</b>	<b>Mg (g/100g)</b>	<b>Mn (mg/Kg)</b>
4,25	269,09	971,15	3,73	<0,01	2,16	0,63	190,01
<b>Mo (mg/Kg)</b>	<b>Na (g/100g)</b>	<b>Ni (mg/Kg)</b>	<b>Pb (mg/Kg)</b>	<b>P (g/100g)</b>	<b>Rb (mg/Kg)</b>	<b>Sb (mg/Kg)</b>	<b>Se (mg/Kg)</b>
1,91	0,38	3,67	5,31	3,51	16,40	<0,01	<0,01
<b>Si (mg/Kg)</b>	<b>S (g/100g)</b>	<b>Sr (mg/Kg)</b>	<b>Ti (mg/Kg)</b>	<b>Tl (mg/Kg)</b>	<b>V (mg/Kg)</b>	<b>Zn (mg/Kg)</b>	
68,82	1,07	632,76	24,32	2,64	4,43	140,11	

Los resultados indican que el cultivo de *Lemna minor* es capaz de retener cantidades considerables de nutrientes, destacando los 31.100 mg/kg (31,11 g/kg) de nitrógeno, así como también son ricas en microelementos como el cobre, aluminio, hierro, manganeso o estroncio. El contenido más alto es, como era de esperar, en carbono, con 228,1 g/kg.

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

Al final del ciclo de cada especie, se realizó la recolección y la valoración de la cosecha comercial de una muestra suficientemente representativa.



Foto nº 22. Lenteja de agua en el invernadero a punto de recolectarse (5 abril 2021).



Foto nº 23. *Lemna minor* tras recolección y una vez seca (21 abril 2021).

La recolección de lenteja de agua ha sido semanal desde enero hasta junio de 2021, con producciones que han variado desde los 10 hasta los 15 kg de lenteja fresca. Dado que no era bien admitida por animales como conejos, pollos u ovejas, se ha dado como alimento a las tilapias que se disponen en el centro en el ensayo de Acuaponía.



Foto nº 24. Lenteja de agua recién recolectada y en secadero, producción semanal (21 marzo 2021).



El volumen total recolectado de lenteja fresca ha sido de 335 kg en un periodo de 6 meses y para una superficie de 100 m<sup>2</sup> de bancada de agua. Con el secado se pierde un 70% de agua, por lo que la producción seca apenas asciende a 100 kilos en 6 meses, a 1 kg/m<sup>2</sup> de planta seca por superficie de agua. En los periodos de mayor temperatura se producía más *Lemna minor* que en los periodos más fríos y además se vio favorecida la producción por la aireación y el movimiento del agua con el dispositivo artesanal.



Foto nº 25. El cultivo de lenteja en pleno proceso de aireación del agua de la *Lemna minor* (17/05/2021).



Foto nº 26. Aportación de lenteja de agua como alimento a tilapias (17/05/2021).



Respecto a la recolección de la berenjena hidropónica, se realizaron varios cortes, siendo la calidad de la misma aceptable para el mercado y no cuantificada por la irregularidad y frecuencia de las recolecciones.



Foto nº 27. Recolección de berenjena hidropónica (20 abril 2021).

## 5. CONCLUSIONES.

El volumen lixiviado de un cultivo de berenjena en hidropónico se contabiliza en unos 1.530 m<sup>3</sup>/ha, el 34% del aportado, lo que es algo elevado para este tipo de cultivos e indica la necesidad de reaprovechar esos efluentes, con elevada concentración salina y sobre todo de nitratos, en cumplimiento de la ley 23/2020 de recuperación y protección del Mar Menor.

Los resultados medios de concentración de nitratos medida en arqueta de salida de drenajes en cultivo hidropónico de berenjena dan 467,75 mg/l, lo que se puede considerar muy elevados, y los resultados medios en el agua de las bancadas de lenteja de agua *Lemna minor* dan 388,38 mg/l. Esto supone una bajada de la concentración de 79,36 mg/l, un 17% menos, por lo que se retiene cierta cantidad de nutrientes.

Se ha producido una cantidad total de lenteja de agua fresca de 335 kg en un periodo de 6 meses y para una superficie de 100 m<sup>2</sup> de bancada de agua. Con el secado se pierde un 70% de agua, por lo que la producción seca apenas asciende a 100 kilos en 6 meses, a 1 kg/m<sup>2</sup> de planta seca por superficie de agua. La lenteja fresca se ha dado a comer a peces de tilapia, no gustando a los otros animales del CIFEA (conejos, pollos, ocas) ni a ovejas y cabras de un ganadero.

Tras analizar lenteja de agua seca, los resultados indican que el cultivo de *Lemna minor* es capaz de retener cantidades considerables de nutrientes, destacando los 31.100 mg/kg (31,11 g/kg) de nitrógeno, así como también son ricas en micoelementos como el cobre, aluminio, hierro, manganeso o estroncio.

## 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 y se han recibido varias visitas de agricultores, 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.

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

## 7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.



Foto nº 28. Visita parcelas recirculación (15/01/2021).



Foto nº 29. Visita Director General y técnicos parcelas recirculación (03/02/2021).

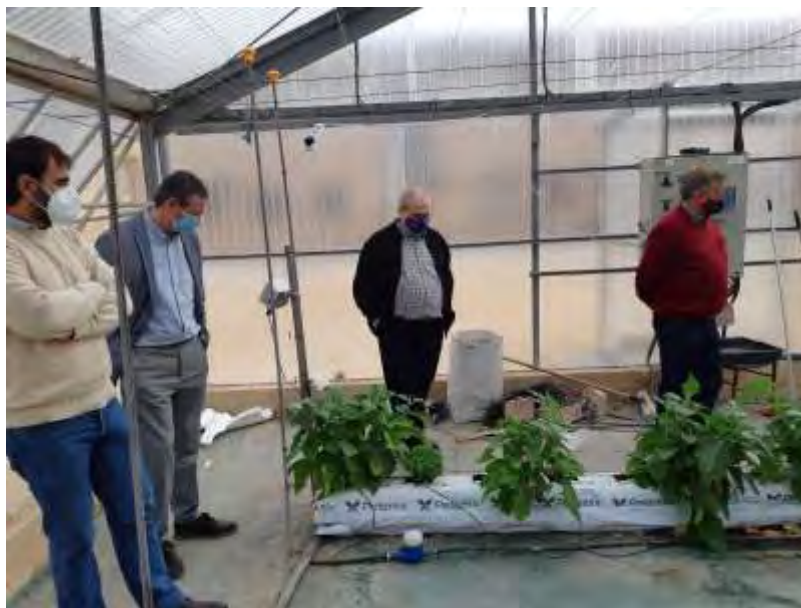


Foto nº 30. Visita Director General y técnicos invernadero hidropónico (03/02/2021).





Foto nº 31. Visita técnicos invernadero hidropónico (05/05/2021).



Foto nº 32. Visita técnico dispositivos control humedad y sublimador en invernadero (14/09/2021).



Foto nº 33. Visita técnicos plantación higueras con recirculación (28/10/2021).





Foto nº 34. Jornada técnica colocación sensores en invernadero hidropónico (03/12/2021).



Foto nº 35. Jornada técnica colocación sensores en invernadero hidropónico (03/12/2021).



Foto nº 36. Jornada técnica explicación dispositivos control del riego (03/12/2021).

