

## INFORME ANUAL DE RESULTADOS

### Fertilización con baja aportación de nitrógeno controlada mediante el uso de lisímetros al aire libre, según las directrices de la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor.

AÑO: 2020

CÓDIGO PROYECTO: 21CTP1\_12

Área: AGRICULTURA, FERTILIZACIÓN

Ubicación: CIFEA Torre-Pacheco (Murcia)

Coordinación: Joaquín Navarro, CIFEA Torre Pacheco

Autores: Plácido Varó, Ricardo Gálvez y José Méndez, CIFEA Torre Pacheco

Duración: Enero - diciembre 2021

Financiación: Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 2014-2020



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

## Contenido

1. RESUMEN. ....	3
2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN. ....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS. ....	8
3.1. Cultivo y variedades, características generales.....	8
3.2. Ubicación del proyecto y superficie. ....	8
3.3. Diseño estadístico y características de las parcelas demostración.....	9
3.4. Características del agua, suelo y clima.....	11
3.5. Inversiones realizadas. ....	18
3.6. Preparación suelo, marco y densidad de plantación. Sistema de formación y/o entutorado. .	41
3.7. Riegos y abonados.....	42
3.8. Calculadora de nitrógeno.....	50
3.9. Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas. ....	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1 Diseño estadístico de las parcelas experimentales.....	53
4.2 Parámetros y controles realizados.....	54
4.3 Resultados: lixiviados y nitratos.....	57
4.4 Resultados: producción, calidad, rentabilidad, etc.....	61
5. CONCLUSIONES. ....	68
6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS. ....	71
7. REPORTAJE FOTOGRAFICO.....	71

## 1. RESUMEN.

La actividad de demostración ha consistido en el establecimiento en el CIFEA de Torre-Pacheco de lisímetros al aire libre para determinar la cantidad de nitratos lixiviados y el drenaje en distintas condiciones de cultivo, riego y abonado y un cultivo de lechuga esta primera anualidad para determinar el funcionamiento del sistema.

Se construyeron 10 lisímetros con superficies de 96 m<sup>2</sup> cada uno y de 0,6- 0,8 m de profundidad, impermeabilizados mediante lámina plástica de PE de 1,5 mm de espesor y con 10 depósitos de recogida de drenajes individuales y enterrados de 100 l cada uno, con contador asimismo individual del percolado. La infraestructura pretende evaluar el volumen lixiviado en cada tratamiento y la concentración de nitratos, que se medirá en espectrofotómetro.

La instalación de la caja o cubetos de los lisímetros se realizó en el terreno excavado y reposa sobre el suelo tamizado cubierto con una primera lámina de geotextil para proteger el PE de la perforación de piedras. Por encima de ella se colocó PE soldado de 0,75 mm de espesor, después otra capa de geotextil de protección y encima de la misma, y una vez colocados los sistemas de drenaje y salida, una capa de grava chancada de 1" de diámetro, para evacuar en forma adecuada el agua de drenaje.

Posteriormente se rellenó de suelo procedente de la extracción de un embalse cercano, con una muy baja salinidad, un pH muy elevado y muy bajos niveles de nutrientes, salvo de calcio, consecuencia que la tierra aportada ha sido de niveles profundos del subsuelo, no de la capa arable. El suelo se eligió así al objeto de evitar tierras salinizadas por cultivos reiterados muchos años y para que fuera lo más "estéril" posible, dentro de buscar buenas características texturales.

Los lixiviados van a parar a un foso de 10 x 2,20 x 2,5 m<sup>3</sup> con solera de hormigón de 20 cm de espesor, armada con mallazo Ø 12 C/30 cm, y muro de hormigón armado HA-25/B-20, en el que se han ubicado los depósitos conectados a una bomba de achique e instalado 20 contadores monochorro en 13mm Ø3/4" junto a emisor de pulsos de 1P/litro para la totalización del riego y drenaje.

Construida la infraestructura, en esta primera anualidad se ha realizado un cultivo de lechuga Baby, plantada el 12 de noviembre de 2021, con la misma fertilización en todas las parcelas en que se divide el ensayo, con el objetivo de asentar la tierra, comprobar el correcto funcionamiento de los 10 lisímetros, evaluar la lixiviación de nitratos en estas condiciones y las pérdidas de agua por percolación.

La plantación de lechuga ocupaba una superficie total de 960 m<sup>2</sup>, ya que se diseñó la instalación para que no tuviera bordes y fuera una superficie continua que no entorpeciera las labores, de manera que los muretes de separación entre parcelas están enterrados a 40 cm de la superficie del suelo. Se realizaron labores preparatorias y nivelación previamente a la plantación, a un marco de 0,15 m entre lechugas pareadas en meseta x 1 m entre calles.

En cumplimiento del artículo 53 de la Ley 3/2020 (limitaciones adicionales relativas al riego en la zona 1. 1), que establece que será obligatoria la instalación de sensores de humedad, tensiómetros o cualquier otro dispositivo que sirva de apoyo para una gestión eficiente del agua en todo el perfil de suelo afectado por el riego; para el control del riego se ha dispuesto de dos sondas en la parcela lisimétrica (colocadas a 20 y 60 cm de profundidad), para el control de la humedad volumétrica del suelo. Evidentemente, se ha controlado la cantidad de nitratos por el drenaje y su concentración, medida en los depósitos y el volumen de agua mediante caudalímetros, tomando muestras de lixiviados en los depósitos de drenaje cada semana.

Se ha utilizado la aplicación web desarrollada por la Consejería llamada “Calculadora de Nitratos” para realización de los cálculos del balance de nitrógeno, conforme al punto 8. “Determinación de la dosis de abonado nitrogenado. Balance de nitrógeno”, de la Orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, por las que se establecen los programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia.

La lectura del contador volumétrico situado al principio de una de las filas de lechuga da un aporte de riego para todo el ciclo de cultivo de 1.400 m<sup>3</sup>/ha, que se considera normal por las escasas precipitaciones que ha habido en el periodo de cultivo.

En lo que se refiere al abonado, dada la poca fertilidad del suelo, se aplicó estiércol de fondo en una dosis de 600 kg de estiércol fresco para toda la parcela (6.000 kg/ha) y también compost en las mesetas de cultivo, una vez realizadas estas, con una dosis de 800 kg para toda la parcela (8.000 kg/ha).

El volumen total de nitratos lixiviados, obtenido de la concentración de nitratos medida en espectrofotómetro y del volumen de agua drenado, ha sido de 13,63 kg y la cantidad total de nitrógeno perdido en el acuífero de 3,08 kg, para la superficie de 960 m<sup>2</sup>. Esto supone unas pérdidas para un ciclo de lechuga Baby de 3,21 g/m<sup>2</sup> en nuestras condiciones de ensayo, o lo que es lo mismo, de 32,1 kg N/ha.

El abono disponible para el cultivo por hectárea era de: 6,24 kg/N procedente del N mineral inicial en el suelo; 7,0 kg/N procedente de la mineralización de la m.o del suelo; 132,0 kg/N procedente de la materia orgánica aplicada (estiércol + compost); 2,48 kg/N procedente del N mineral y 108,64 kg N/ha que se aplica de abono mineral para compensar las extracciones estimadas del cultivo y el lavado de las lluvias al principio de la plantación, totalizando de 255,72 kg N/ha disponible para el cultivo.

La calculadora de nitratos daba unas extracciones para la cosecha obtenida de 200,00 kg N/ha y recomendaba aplicar 52,28 kg de N mineral /ha. Finalmente se han aplicado 108,64 kg N mineral /ha en forma de nitrato potásico, nitrato cálcico y ácido nítrico, con objeto de compensar el “lavado de sales” de las tempranas lluvias de noviembre. El resultado ha sido que 32,1 kg N/ha se ha perdido con el agua de percolación profunda, casi todo el exceso respecto al dato de la calculadora de nitratos. De todo el N disponible para las plantas, se ha lixiviado el 12,55%.

El volumen de agua drenado asciende a 41.522 litros (43,25 l/m<sup>2</sup>), lo que equivale a un agua percolada total procedente del riego y precipitaciones de 432,50 m<sup>3</sup>/ha. Respecto al agua aportada por el riego (1.400 m<sup>3</sup>/ha) sumada al agua de lluvia en el periodo desde la plantación hasta la recolección (desde mediados de noviembre hasta principios de febrero 75,6 l/m<sup>2</sup>, o sea 756 m<sup>3</sup>/ha), lo que hace unos aportes totales de 2.156 m<sup>3</sup>/ha, el porcentaje de agua drenada asciende al 20,03%.

Los datos corroboran la bondad de la calculadora de nitratos, ya que el abono aportado en exceso respecto a los cálculos ofrecidos por la misma se ha lixiviado en su totalidad. De haber aplicado sólo los 52,28 kg de N mineral /ha que recomendaba la calculadora, se habría lixiviado una muy pequeña cantidad en el ciclo del cultivo, con la salvedad de que después del ciclo se sigue produciendo la mineralización de la materia orgánica del suelo y la consiguiente liberación de nitratos.

Se recolectó una media de 14 lechugas por m<sup>2</sup>, por las marras o fallos en la plantación, lo que equivale a un peso medio de lechugas deshojadas de 3,3 kg/m<sup>2</sup> o sea 33.000 kg de lechugas /ha para 140.000 piezas, datos muy comerciales. La producción de lechuga sin deshojar es de 4,97 kg/m<sup>2</sup>, lo que equivale a 49.700 kg de biomasa/ha.

Los datos corroboran que la producción ha sido la normal en el Campo de Cartagena y que aplicando los instrumentos que tenemos a nuestro alcance (calculadora de nitratos, dispositivos de control del riego) las pérdidas de nitratos son bajas; y nos han permitido conocer lo que se lixivia en las condiciones en las que hemos desarrollado nuestro cultivo, que sería un buen cultivo de la zona.

Por otro lado, se ha comprobado el buen funcionamiento de las sondas de humedad, que han dado datos normales de humedad volumétrica del suelo durante todo el periodo de cultivo, corroborado por los volúmenes empleados y el relativamente bajo nivel de lixiviación.

## 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. Esta Ley establece una serie de medidas obligatorias de distinta aplicación según las dos zonas en las que se divide la cuenca vertiente.

La significativa expansión del regadío entre 1988 y 2009, con un aumento de más de un 140%, ha incrementado de forma muy notable los flujos hídricos y de nutrientes que alcanzan el Mar Menor y sus humedales litorales a través del conjunto de flujos superficiales, subsuperficiales y subterráneos. Los abonos y fitosanitarios son, en parte, lixiviados y transportados por el agua de escorrentía hacia el Mar Menor, además de llegar por descarga subterránea de agua salobre hacia el Mar a lo largo del borde costero en una franja relativamente estrecha de la orilla.

El incremento de las concentraciones de nutrientes aparece ligado a los procesos de eutrofización, en los que las fanerógamas marinas son sustituidas por macroalgas, en un primer paso, y posteriormente por el fitoplancton que produce el sombreado del fondo y limita el crecimiento de la vegetación sumergida. La protección y recuperación del Mar Menor exige reducir el aporte de nutrientes que afluyen a él por diversas vías, para lo cual se ha adoptado la medida de legislar mediante la Ley 3/2020.

Por lo tanto, la agricultura conlleva una potencial afección al Mar Menor proveniente del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios, y es la Administración Regional la que debe desenvolver sus propias competencias con el fin de exigir de los agricultores que el suelo recupere una funcionalidad que le permita la retención del agua de lluvia y disminuya el riesgo de escorrentía, erosión y lixiviación. Esta intervención autonómica se justifica en último término en la responsabilidad autonómica de control de la contaminación causada por los nutrientes de origen agrario.

La masa de agua costera Mar Menor ha sido declarada masa de agua afectada, o en riesgo de estarlo, por la contaminación por nitratos de origen agrario, mediante Orden de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de 23 de diciembre de 2019, en la que también se ha designado la Zona Vulnerable del Campo de Cartagena, ampliación de la que fue la primera Zona Vulnerable declarada en la Región de Murcia y a la que se le aplicaban los programas de actuación.

Según el anejo 2 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, las medidas que deben incorporar los programas de actuación son, al menos, la determinación de los períodos en los que está prohibida la fertilización, determinación de la capacidad necesaria de los tanques de almacenamiento de estiércol, y la limitación de la aplicación de fertilizantes al terreno. Pero los programas de actuación se deben revisar, al menos, cada cuatro años; y, si las medidas del programa de actuación no son suficientes para prevenir y corregir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario, se deben adoptar medidas adicionales, modificando el programa de actuación

#### OBJETIVOS

Por todo lo antedicho se trata de establecer en el CIFEA de Torre-Pacheco unas parcelas demostrativas con lisímetros al aire libre y drenaje de lixiviados hacia colectores, dónde se pueda evaluar el percolado y los nitratos lixiviados en diferentes condiciones de cultivo y de abonado, respetando las limitaciones establecidas en la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor.

Se han ubicado en una zona dónde ya había, aunque inservibles por deteriorados, 8 lisímetros al aire libre procedentes de un proyecto de investigación de 2006 en colaboración con el IMIDA y que han servido de base para varios estudios de lixiviado de nitratos. Se ha realizado en el año 2021 el levantamiento de estos 8 lisímetros existentes por haber perdido su funcionalidad y la construcción de 10 nuevos con superficies de 96 m<sup>2</sup> cada uno y vertido por colector individualmente a foso enterrado con depósitos, con contador individual del percolado.

Con esta infraestructura se podrán abordar ensayos de fertilización con diferentes tipos de abono o diferentes dosis, así como controles del riego para evaluar los lixiviados, que habrá que analizar en el espectrofotómetro.

Esta primera anualidad se ha realizado un mismo cultivo de lechuga con la misma fertilización, con el objetivo de asentar la tierra, comprobar el correcto funcionamiento de los 10 lisímetros, evaluar la lixivación de nitratos en estas condiciones y las pérdidas de agua por percolación. No obstante, una

vez comprobado el funcionamiento de la infraestructura y contando con parcelas para repeticiones, los ensayos que se pueden realizar son múltiples.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

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

Los cultivos serán hortícolas por ser lo más habitual en el Campo de Cartagena, en esta anualidad 2021 lechuga, y cumplirán las limitaciones de la Ley 3/2020, que en su artículo 50 establece al respecto de los tipos de cultivo admisibles en la Zona 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. A efectos de este Decreto-Ley, se considera agricultura sostenible de precisión aquella que cumple con las exigencias impuestas en las Secciones 1.ª y 2.ª de este Capítulo. 2. Todos los cultivos de la Zona 1 deberán cumplir las limitaciones establecidas en los artículos siguientes.”*

Para la segunda anualidad se plantea un cultivo de melón, en cumplimiento de lo estipulado en el artículo 51, punto 3 de la Ley 3/2020:

*“3. Queda prohibido realizar dos ciclos de cultivo consecutivos de especies del Grupo 1, debiendo alternarse su cultivo con otras especies del Grupo 2, con el objetivo de captar excedentes de nitrógeno de niveles más profundos del suelo y limitar el riesgo potencial de lixiviación. Se excluyen de esta prohibición las especies del Grupo 1 de ciclo inferior a 45 días, en las que además se permite realizar dos ciclos de cultivo anuales.”*

#### 3.2. Ubicación del proyecto y superficie.

El proyecto está ubicado en el CIFEA de Torre-Pacheco, en el lugar en el que estaban los lisímetros al aire libre que han quedado inservibles, dónde marca la flecha en ortofoto adjunta:





La superficie de los lisímetros es de  $12 \times 8 = 96 \text{ m}^2$  cada uno, en total  $960 \text{ m}^2$  útiles, en una parcela de  $40 \times 24 \text{ m}$ .

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

En el diseño se han evitado espacios entre lisímetros cuyo objetivo era el de mera separación de parcela, ya que el film plástico y las paredes laterales que lo sustentaban no deben llegar hasta la superficie, lo que daría lugar a numerosas roturas, como ocurrió con la instalación anterior, tras varios años de ensayos.

Fruto de esta experiencia anterior, se ha realizado un diseño con paredes semienterradas y el film al menos a 30 cm de profundidad, para no entorpecer las labores. Con este objetivo, se ha planteado además el que no existan superficialmente espacios entre los lisímetros individuales que componen el conjunto.

La superficie total de la instalación es de unos  $1.500 \text{ m}^2$ , con una disposición como se observa en la ortofoto en rectángulo de  $50 \times 30$ , en la que se incluyen lisímetros y depósitos de recogida. Por el exterior quedan espacios que serían para el paso de la maquinaria y personas para la visita a la

instalación. La superficie de los lisímetros es de 960 m<sup>2</sup>, ya que se diseñan 10 unidades de 12 x 8 m<sup>2</sup>, ocupando cada lisímetro 96 m<sup>2</sup>.



Se realizó el levantamiento de lisímetros existentes por haber perdido su funcionalidad y la construcción de 10 nuevos con superficies de 96 m<sup>2</sup> cada uno y vertido por colector individualmente a depósito, con contador asimismo individual del percolado.

Con esta infraestructura se podrán abordar ensayos de abonado con diferentes tipos de abono o diferentes dosis, así como controles del riego para evaluar los lixiviados, que habrá que analizar en el espectrofotómetro.

Se ha planteado en principio un mismo cultivo con el mismo riego y abonado nitrogenado, a fin de comprobar la bondad del sistema y asentar la tierra. El marco de plantación ha sido el habitual en las plantaciones de lechuga del Campo de Cartagena.





Foto 1. Parcela dónde se han ubicado los lisímetros y restos de los anteriores (04/02/2021).

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

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 (Result)	Incertidumbre (Uncertainty)	Equivalencias (Equivalency)		LC (LQ)
	mg/l		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)	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)
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 (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.

Características del suelo:

En cuanto al suelo se refiere, se realizaron dos análisis del suelo aportado el 28 de octubre de 2021, tomados de cada bloque de 5 lisímetros y a 20 cm de profundidad, con los siguientes resultados:

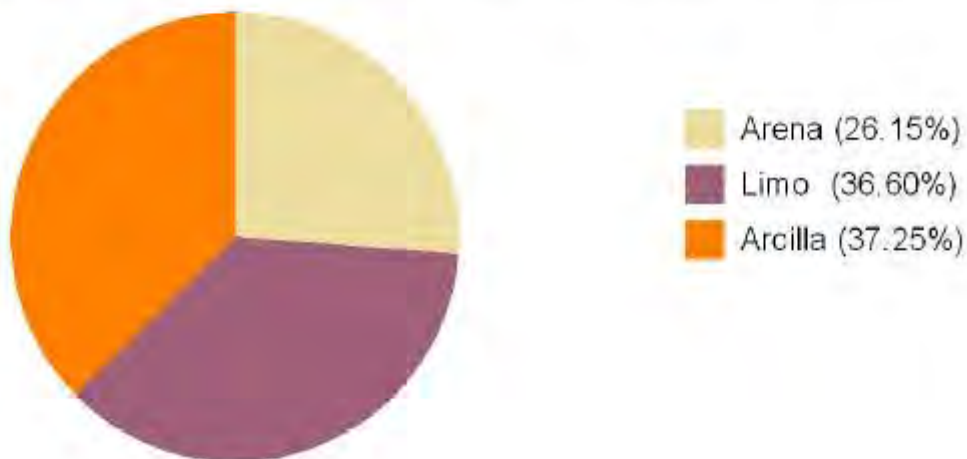
LOS NIVELES OBTENIDOS EN ESTE SUELO SON LOS SIGUIENTES:

#### ANÁLISIS 1:

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)			--
pH (a 22.0°C)	> 9.00		(1)	5.0
*Color	7.5 YR 7/4 Rosa			--
SALINIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	0.514	(mS/cm)	(1)	0.14 (mS/cm)
Cloruros (en el extracto acuoso)	0.762	(meq/l)	(1)	0.29 (meq/l)
Sulfatos (en el extracto acuoso)	1.98	(meq/l)	(1)	0.21 (meq/l)
*Sodio (en el extracto acuoso)	3.58	(meq/l)	(1)	0.05 (meq/l)
*Sodio asimilable	312	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
*Bicarbonatos	1.6	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
FERTILIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
Nitratos	49.1	(mg/kg)	(1)	2.0 (mg/kg)
Nitrógeno Nítrico	11.1	(mg/kg de N)	(1)	0.9 (mg/kg de N)
Fósforo asimilable Olsen	< 5.0	(mg/kg)	(1)	5.0 (mg/kg)
*Potasio (en el extracto acuoso)	0.186	(meq/l)	(1)	0.01 (meq/l)
*Calcio (en el extracto acuoso)	0.517	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
*Magnesio (en el extracto acuoso)	0.739	(meq/l)	(1)	0.05 (meq/l)
*Potasio Asimilable	232	(mg/kg)	(1)	10 (mg/kg)
*Calcio asimilable	825	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
*Magnesio asimilable	524	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
Materia Orgánica	< 0.65	(%)	(1)	0.65 (%)
Carbono Orgánico Total (COT)	< 0.38	(%)	(1)	0.38 (%)

<b>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Método (Method)
*Calcio de cambio	4.02	(meq/100g)		0.05 (meq/100g)	
*Magnesio de cambio	4.17	(meq/100g)		0.05 (meq/100g)	
*Potasio de cambio	0.557	(meq/100g)		0.01 (meq/100g)	
*Sodio de cambio	0.64	(meq/100g)		0.01 (meq/100g)	
*Capacidad de cambio	9.39	(meq/100g)		-	
<b>MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Método (Method)
*Hierro asimilable	2.66	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)	QUI0011
*Boro asimilable	1.73	(mg/kg)	(1)	0.2 (mg/kg)	SUE0010
*Manganeso asimilable	0.718	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)	QUI0011
*Cobre asimilable	0.247	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)	QUI0011
*Zinc Asimilable	0.23	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)	QUI0011
*Caliza total	38.7	(%)	(1)	0.5 (%)	QUI0002
*Caliza activa	14.7	(%)	(1)	0.5 (%)	SUE0004
<b>DETERMINACIONES OPCIONALES</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Método (Method)
Nitrógeno total	< 0.070	(%)	(1)	0.07 (%)	QUI0014
<b>ÍNDICES (Indicators)</b>					
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
*Densidad aparente	1.49	(g/cc)	*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	4.52	
*Relación Carbono/Nitrógeno	3.95		*Porcentaje de saturación de sodio	6.82	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)	*Capac.Ret. de Agua Disponible (CRAD)	0.174	mm agua / mm suelo
*Capacidad de Campo (CC)	27.00	(% suelo seco)	*Punto de Marchitez Permanente (PMP)	15.4	(% suelo seco)
*Intervalo de humedad disponible	11.60	(% suelo seco)			

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



**1.-NIVELES.**



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

DETERMINACION						NIVELES
pH	9.10					6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica S.A.R.	0.514 (mS/cm)					0.75 - 1.50
	4.52					>10
Elementos en el extracto	Resultado inferior		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES OPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	1.98 (mg/l)	349.66 Kg/Ha	95.04	1.98	0.99	< 2
Cloruros	0.767 (mg/l)	341.84 Kg/Ha	27.05	0.76	0.76	< 3
Nitratos	11.1 (mg/kg de N)	49.56 Kg(N)/Ha	24.55	0.40	0.40	1.50 - 4
Sodio	3.58 (mg/l)	736.12 Kg/Ha	82.34	3.58	3.58	< 3
Potasio	0.186 (mg/l)	78.02 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha	7.27	0.19	0.19	0.75 - 2
Calcio	0.517 (mg/l)	109.43 Kg(CaO)/Ha	10.34	0.52	0.26	1 - 2
Magnesio	0.729 (mg/l)	135.16 Kg(MgO)/Ha	8.98	0.74	0.37	0.63 - 2
Fosforo						

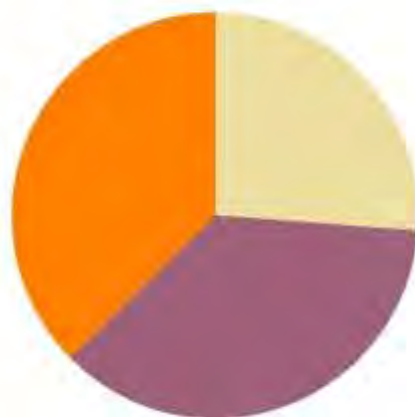
- Concentración de Sales, presenta niveles normales en Cloruros y Sulfatos, y altos en Sodio.
- Conductividad en el Extracto 1:1 (suelo:agua), 0.514 msh/cm califican este suelo como no salino (menor de 0.75). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel muy alto.

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

DETERMINACION	mg/200 g suelo	OPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
C.I.C.(suma de cationes)	9.39	10 - 20			BAJO	-
Calcio	4.02	6 - 10.50	804.00	42.81	BAJO	3041.49 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	4.17	1.30 - 3	506.66	44.41	ALTO	3758.09 Kg(MgO)/Ha
Potasio	0.56	0.50 - 0.90	217.79	5.93	NORMAL	1168.21 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha
Sodio	0.64	< 0.50	147.20	6.82	ALTO	837.98 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	0.96	1 - 10			BAJO	-
Relación Potasio/Magnesio	0.13	0.20 - 0.50			BAJO	-
Saturación Sodio (%)	6.82	< 7			NORMAL	-

**ANÁLISIS 2:**

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)			–
pH (a 22.0°C)	> 9.00		(1)	5.0
*Color	7.5 YR 7/4 Rosa			–
SALINIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	0.514	(mS/cm)	(1)	0.14 (mS/cm)
Cloruros (en el extracto acuoso)	0.762	(meq/l)	(1)	0.29 (meq/l)
Sulfatos (en el extracto acuoso)	1.98	(meq/l)	(1)	0.21 (meq/l)
*Sodio (en el extracto acuoso)	3.58	(meq/l)	(1)	0.05 (meq/l)
*Sodio asimilable	312	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
*Bicarbonatos	1.6	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
FERTILIDAD				
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)
Nitratos	49.1	(mg/kg)	(1)	2.0 (mg/kg)
Nitrógeno Nitrico	11.1	(mg/kg de N)	(1)	0.9 (mg/kg de N)
Fósforo asimilable Olsen	< 5.0	(mg/kg)	(1)	5.0 (mg/kg)
*Potasio (en el extracto acuoso)	0.186	(meq/l)	(1)	0.01 (meq/l)
*Calcio (en el extracto acuoso)	0.517	(meq/l)	(1)	0.1 (meq/l)
*Magnesio (en el extracto acuoso)	0.739	(meq/l)	(1)	0.05 (meq/l)
*Potasio Asimilable	232	(mg/kg)	(1)	10 (mg/kg)
*Calcio asimilable	825	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
*Magnesio asimilable	524	(mg/kg)	(1)	50 (mg/kg)
Materia Orgánica	< 0.65	(%)	(1)	0.65 (%)
Carbono Orgánico Total (COT)	< 0.38	(%)	(1)	0.38 (%)



Arena (26.15%)  
 Limo (36.60%)  
 Arcilla (37.25%)

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Metodo (Method)
*Calcio de cambio	4.02	(mg/100g)		0.05 (mg/100g)	
*Magnesio de cambio	4.17	(mg/100g)		0.05 (mg/100g)	
*Potasio de cambio	0.557	(mg/100g)		0.01 (mg/100g)	
*Sodio de cambio	0.64	(mg/100g)		0.01 (mg/100g)	
*Capacidad de cambio	9.39	(mg/100g)			

MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Metodo (Method)
*Hierro asimilable	2.66	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)	QUI0011
*Boro asimilable	1.73	(mg/kg)	(1)	0.3 (mg/kg)	SUE0010
*Manganeso asimilable	0.718	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)	QUI0011
*Cobre asimilable	0.247	(mg/kg)	(1)	0.01 (mg/kg)	QUI0011
*Zinc Asimilable	0.23	(mg/kg)	(1)	0.05 (mg/kg)	QUI0011
*Caliza total	36.7	(%)	(1)	0.5 (%)	QUI0002
*Caliza activa	14.7	(%)	(1)	0.5 (%)	SUE0004

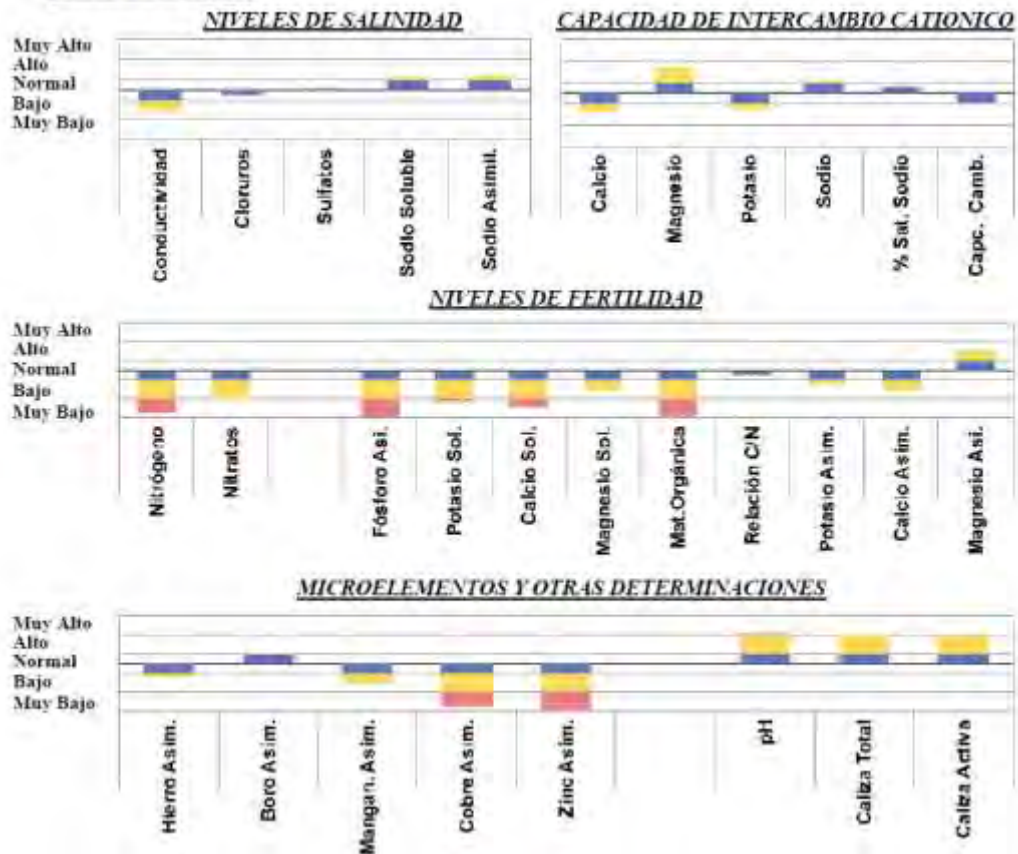
  

DETERMINACIONES OPCIONALES					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	LC (LQ)	Metodo (Method)
Nitrógeno total	< 0.070	(%)	(1)	0.07 (%)	QUI0014

ÍNDICES (Indicators)					
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
*Densidad aparente	1.49	(g/cc)	*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	4.52	
*Relación Carbono/Nitrógeno	3.95		*Porcentaje de saturación de sodio	5.82	(%)
*Porcentaje de saturación		(g/kg)	*Capac. Ref. de Agua Disponible(CRAD)	0.174	(mm agua / mm suelo / % agua seco)
*Capacidad de Campo (CC)	27.00	(% suelo seco)	*Punto de Marchitez Permanente (PMP)	15.4	(% suelo seco)
*Intervalo de humedad disponible	11.60	(% suelo seco)			

### 1.-NIVELES.





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

DETERMINACIÓN						NIVELES
pH	9.10					6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica S.A.R.	0.485 (mS/cm)					0.75 - 1.50
	4.27					<10
Elementos en el extracto	Resultado informe		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	2.21 (meq/l)	929.26 Kg/Ha	106.08	2.21	1.11	< 2
Cloruros	0.768 (meq/l)	238.83 Kg/Ha	27.26	0.77	0.77	< 3
Nitratos	8.60 (mg/kg de N)	37.65 Kg(N)/Ha	19.03	0.31	0.31	1.50 - 4
Sodio	3.73 (meq/l)	751.52 Kg/Ha	85.79	3.73	3.73	< 3
Potasio	0.225 (meq/l)	92.48 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha	8.80	0.23	0.23	0.75 - 2
Calcio	0.703 (meq/l)	172.43 Kg(CaO)/Ha	14.06	0.70	0.35	1 - 2
Magnesio	0.818 (meq/l)	144.42 Kg(MgO)/Ha	9.94	0.82	0.41	0.63 - 2
Fósforo						

- **Concentración de Sales**, presenta niveles **normales** en Cloruros y Sulfatos; y **altos** en Sodio.
- **Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua)**, **0.485 mmho/cm** califican este suelo como **no salino** (menor de 0.75). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- **pH (reacción del suelo)**. Alcanza un nivel **muy alto**.

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

DETERMINACIÓN	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
<i>C.I.C.(suma de cationes)</i>	10.30	10 - 20			NORMAL	-
<i>Calcio</i>	4.67	6 - 10,50	934.00	45.34	BAJO	5738.74 Kg(CaO)/Ha
<i>Magnesio</i>	4.49	1.30 - 3	545.54	43.59	ALTO	3964.97 Kg(MgO)/Ha
<i>Potasio</i>	0.61	0.70 - 1.20	237.73	5.90	BAJO	1249.50 Kg(K <sub>2</sub> O)/Ha
<i>Sodio</i>	0.57	< 0.50	130.18	5.50	ALTO	570.19 Kg/Ha
<i>Relación Calcio/Magnesio</i>	1.04	1 - 10			NORMAL	-
<i>Relación Potasio/Magnesio</i>	0.14	0.20 - 0.50			BAJO	-
<i>Saturación Sodio (%)</i>	5.50	< 7			NORMAL	-

En general se observa una muy baja fertilidad del suelo, un pH muy elevado y muy bajos niveles de nutrientes, salvo de calcio, consecuencia que la tierra aportada ha sido de niveles profundos del subsuelo, no de la capa arable, al objeto de evitar tierras salinizadas por cultivos reiterados muchos años y para que fuera lo más "estéril" posible, dentro de buscar buenas características texturales.

El sentido que tiene hacer análisis de suelos en la Ley 3/2020 de protección y recuperación del Mar Menor es básicamente para determinar la cantidad de N orgánico en el suelo al inicio del cultivo y realizar el cálculo de su mineralización en años posteriores (50% primer año, 30% segundo año y 20% tercer año). Así podemos realizar un balance de N en nuestro cultivo.

También hay que tener en cuenta para este balance el valor de los nitratos al inicio del cultivo y de fósforo, esto es lo que dice la Ley 3/2020:

8. Para valores de nitratos (nitratos al inicio del cultivo) en el suelo superiores a 100 mg/kg suelo se aplicará un factor de agotamiento superior al 40 por 100.

9. Para evitar la acumulación de elementos nutritivos, se prohíbe la aplicación de fertilizantes minerales que contengan fósforo cuando el nivel de P Olsen en suelo sea superior a 120 mg/kg suelo.

Los análisis de suelos que ofrecen los laboratorios suelen dar el dato de nitratos como mg/kg de N en el extracto acuoso y fósforo asimilable (mg/kg) y también la materia orgánica en % y el N total en %. Son los valores que pide la Ley. Entiendo que en regadíos habrá que hacer el análisis anualmente, para poder calcular el balance de N del suelo.

Adicionalmente hay un borrador de real decreto, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios, que dice lo siguiente, a tener también en cuenta:

Sin perjuicio de otras disposiciones autonómicas o sectoriales, cuando no se dispongan de datos oficiales a través de mapas o registros provinciales, los análisis se realizarán con una periodicidad mínima de 5 años en regadío y 10 en seco.

- pH
- Contenido de nitrógeno (N) total en los primeros 30 cm del suelo.
- Contenido de fósforo ( $P_2O_5$ ) total en los primeros 30 cm del suelo.
- Contenido de potasio ( $K_2O$ ) total en los primeros 30 cm del suelo.
- Contenido de materia orgánica en los primeros 30 cm del suelo.

### 3.5. Inversiones realizadas.

Estos lisímetros de drenaje de gran tamaño son unas infraestructuras de las que muy pocas entidades disponen, por lo que se ha incidido más en este apartado de su construcción, al objeto de conocer como se han diseñado para una perfecta recogida de los drenajes y a la vez por si alguna entidad, universidad u otro organismo quiere seguir la secuencia para su replicación como elementos para ensayos.

La instalación de la caja o cubetos de los lisímetros se realizó en el terreno excavado y reposa sobre el suelo tamizado cubierto con una primera lámina de geotextil para proteger el PE de la perforación

de piedras. Se ha empleado para la nivelación un nivel de burbuja, para determinar la horizontalidad de la caja y la pendiente de vertido al foso de recogida de drenajes, que es del 1%.

Después de haber colocado las cajas de los lisímetros, en la parte inferior de la cara de la base de y en posición central, se colocaron tubos de PVC de 1" de diámetro, donde se conectaron unas bridas con un tubo perforado las cuales evacuaban el agua a un depósito de drenaje.

En la parte más profunda del tanque se colocó primero una lámina geotextil, por encima de ella PE soldado de 0,75 mm de espesor, por encima del PE otra capa de geotextil de protección y encima de la misma, y una vez colocados los sistemas de drenaje y salida, una capa de piedra chancada de 1" de diámetro para evacuar en forma adecuada el agua de drenaje. Esta capa cumple la función de filtro para evitar la obstrucción del sistema de drenaje y permite el movimiento libre del agua para ser recolectado en el depósito de recepción. El material de suelo y grava ha sido separado del PE por una malla metálica de dos milímetros de espesor y con aberturas de cinco milímetros de diámetro.

Posteriormente se procedió a llenar las cajas de los lisímetros con las capas de suelo aportado al excavar un embalse cercano al CIFEA y que fue adquirida a tal efecto del subsuelo de dicho embalse.

Por último se instalaron 10 depósitos en un foso para la recogida de drenajes, conectados a una misma tubería de desagüe que vierte a una poceta dónde se ha colocado una bomba de achique que eleva el agua hasta el embalse de la finca.

LAS INVERSIONES NECESARIAS PARA DESARROLLAR ESTE PROYECTO SON:

#### **A) MOVIMIENTO DE TIERRAS:**

- Rebaje: de tierra en capa de 40 cm, con excavación adicional de otros 20 cm, en forma de embudo hasta salida de fondo, en cada uno de los 10 lisímetros. Tierra cargada y retirada sobre tractor para acopio en parcelas colindantes o parcelas indicadas por la propiedad dentro del recinto CIFEA, junto a lisímetros.

Retirada de tierras lisímetros y aporte respetando las capas del terreno  $96 \text{ m}^2 \times 2$  (aporte y retirada)  $\times 10 \text{ Ud} = 1.920 \text{ m}^2$





-Zanjas: ejecución de zanjas en tierra con pendiente desde salida de fondo hasta zona de foso para depósitos. Se incluye el tapado posterior y la retirada de tierra sobrante.

Tubería DRENAJE ranurada corrugada circular. Doble pared en PVC,  $\varnothing$  15 cm. tuberías de drenaje en el fondo de cada lisímetro. 15 ml por lisímetro x 10 Ud.







**B) INSTALACIÓN CAMPO SECTOR1-10 RIEGO/DRENAJE:**

- Instalación para riego/drenaje de 10 parcelas de 96 m<sup>2</sup>, con tubería en PVC en Ø32 y Ø75 mm para riego/drenaje respectivamente, tubería de PE32 y tubería PE16 integrada para el riego y recuperación del drenaje.

Tubería RIEGO PVC de presión Ø 63 mm. Empalme con la red de riego y con depósitos drenaje desde cada lisímetro.





### C) SALIDA DE FONDO Y MUROS SEPARADORES:

- Suministro y colocación de bridas de salida de fondo con carrete, tornillos, juntas, en diámetro de 75 mm, hormigonado perimetral, para unión a porta bridas de tubería (ejecución de tubería por parte del cliente). Entronque con la red secundaria y llaves de apertura de riego en lisímetros.





- Muro de bloque de hormigón hueco de 20 cm de espesor, para alturas  $\leq 1,5$  m. Las paredes de los lisímetros están rodeadas en todos sus lados por bloques de hormigón hasta una altura de 50 cm, para evitar el desprendimiento de la tierra en su perímetro  $(12 \times 2 + 8 \times 2) \times 0,5 = 20 \text{ m}^2/\text{lisímetro}$ .





**D) IMPERMEABILIZACIÓN:**

Suministro y colocación de geomembrana de las siguientes características:

- Tipo: Polietileno Alta Densidad – PEAD
- Color: Negro
- Espesor: 0,75 mm



- Uniones: Doble soldadura con canal intermedio y extrusión
- Anclaje: Mediante varillaje en coronación, con clavillas de gancho.
- Protección: Malla Antipunzonamiento Geotextil 200gr/m2, por bajo y por encima de la lámina.

Balsa de materiales sueltos, impermeabilizada. Con geomembrana de PE de alta densidad. Cada lisímetro tiene una profundidad de 0,8 m, el volumen es  $12 \times 8 \times 0,8 = 76,80 \text{ m}^3$







**E) CAPA DRENANTE:**

- Suministro y extendido en capa de 10/12 cm de gravín 4/8 mm en formación de capa drenante, y cubierto con capa adicional de Geotextil de 200gr/m<sup>2</sup>, para evitar el traslado de finos de las capas superiores de tierra vegetal.









**F) FOSO DE 10 X 2 M X 2,14 M DE HORMIGON ARMADO:**

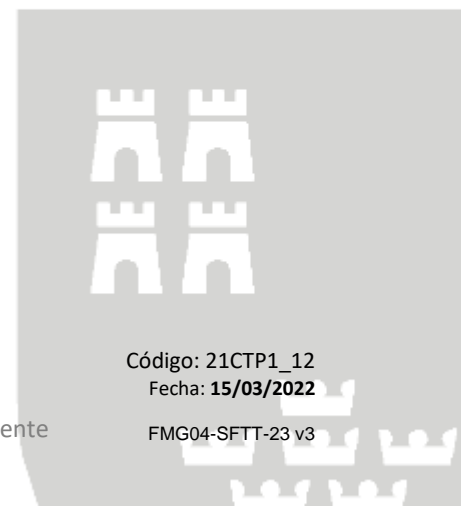
-20,00 m<sup>2</sup> Solera de hormigón H-200/B-20 Fibra de 20 cm de espesor, armada con mallazo  $\emptyset$  12 C/30 cm, con vertido directo desde camión hormigonera, con vibrado y fratasado mecánico mediante regla vibradora con pendiente hasta arqueta de desagüe.

-51,36 m<sup>2</sup> Muro de hormigón armado HA-25/B-20, armado con 2 #  $\emptyset$  10, de 25 cm de espesor y 2,14 m de altura, con 30 cm por encima del terreno actual encofrado con chapa metálica a dos caras, hormigonado, vibrado y curado, con p.p. de desencofrado.

Foso para albergar los depósitos y enterrado en el terreno, de dimensiones 15 x 3 m<sup>2</sup>









**G) CONTADORES RIEGO/DRENAJE:**

- Instalación de 20 contadores monochorro en 13mm Ø3/4" junto a emisor de pulsos de 1P/litro para la totalización del riego y drenaje, totalmente instalados.

10 caudalímetros para medida de volumen drenado desde cada lisímetro y 10 más para medida del riego.



#### H) VACIADO DEPÓSITO DRENAJE GENERAL:

- Instalación de electrobomba sumergible inox. de 1 cv Monof. Con sonda de nivel incluida, para la extracción del agua desechada de la recuperación de los drenajes, en arqueta de hormigón habilitada para tal cometido, incluyendo los accesorios necesarios para la elevación hasta tubería de pluviales existente en la finca en diámetro PVCØ63, totalmente instalada.

Bomba para vaciado de depósitos de drenaje y vertido a depósito recogida drenajes en CIFEA para riego jardines



Válvulas de apertura y cierre depósitos, a la salida de los lisímetros y a la entrada a los depósitos



**I) INSTALACIÓN CABEZAL. IMPULSION DESDE CABEZAL EXISTENTE:**

- Instalación de 2 tuberías de PVC en  $\varnothing 50$  para el abastecimiento de los 10 sectores de riego previstos, una para cada 5 sectores, así como 2 electroválvulas en  $\varnothing 1\ 1/2$ " instaladas en el colector existente, para agrupar 5 sectores de riego cada una, en cabezal existente.

Riego localizado para cultivos hortícolas al aire libre. Incluye sistema de distribución por parcela, en 10 lisímetros





**J) PROGRAMADOR E INSTALACIÓN ELECTRICA:**

Conexión a Agronic 7000 existente e instalación de 2 selectores para el manejo de 2 electroválvulas de riego. Cableado y protecciones de electrobomba sumergible en arqueta.

Depósitos para recogida drenajes de 100 l de capacidad con tapa y conexiones eléctricas





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

Una vez realizada la infraestructura de diez lisímetros de 96 metros cuadrados y de 0,6- 0,8 m de profundidad, impermeabilizados mediante lámina plástica de PE de 1,5 mm de espesor y con un adecuado sistema de drenaje y depósitos de recogida de drenajes individuales y enterrados de 100 l, ya se puede evaluar el volumen lixiviado en cada tratamiento y la concentración de nitratos, que se medirá en espectrofotómetro.

Para el riego se ha realizado la conexión con un cabezal de riego completo e independiente, para lo que se llevó la red de tuberías secundarias, realizando una instalación de riego por goteo de las parcelas lisimétricas, entroncando con la red de tuberías secundarias.

La plantación de lechuga se ha realizado en noviembre, en una superficie total de 960 m<sup>2</sup>. Se han realizado labores preparatorias y nivelación previamente a la plantación.



Pase de rotovator tras la terminación de las obras (14/10/2021).





Acaballado de las parcela lisimétricas.

El marco de plantación ha sido de marco de 0,15 m entre lechugas pareadas en meseta x 1 m entre calles.



### 3.7. Riegos y abonados.

Se ha instalado un sistema de medida de la humedad gravimétrica por sensores 10HS con datalogger tipo Em, con dos sondas 10HS a profundidades de 20 y 60 cm, con su correspondiente software.

En cumplimiento del artículo 53 de la Ley 3/2020 (limitaciones adicionales relativas al riego en la zona 1. 1), que establece que será obligatoria la instalación de sensores de humedad, tensiómetros o cualquier otro dispositivo que sirva de apoyo para una gestión eficiente del agua en todo el perfil de suelo afectado por el riego; para el control del riego se ha dispuesto de dos sondas en la parcela lisimétrica (colocadas a 20 y 60 cm de profundidad), para el control de la humedad volumétrica del suelo. Evidentemente, se controlará la cantidad de nitratos por el drenaje y su concentración, medida en los depósitos y el volumen de agua mediante caudalímetros.



Colocación dispositivo control humedad 17/11/2021

El riego se ha realizado simultáneamente en las diez parcelas, mediante bombeo impulsando un caudal aproximado de  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  a una presión de  $5,5 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ , respetando las limitaciones establecidas en el artículo 53 de la Ley 3/2020, así como las limitaciones adicionales relativas a la fertilización del artículo 52 y las limitaciones en el uso de fertilizantes minerales del artículo 40.

Los valores de nitratos (nitratos al inicio del cultivo) en el suelo son muy inferiores a  $100 \text{ mg}/\text{kg}$  suelo, por lo que no ha sido necesario aplicar un factor de agotamiento superior al 40 por 100.

La plantación de lechuga Baby se realizó el 12 de noviembre de 2021.



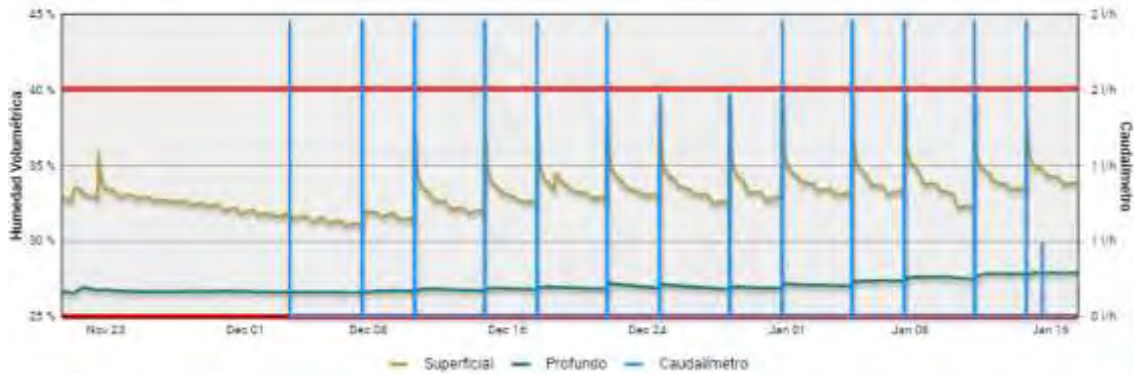
Plantación de lechuga Baby 12/11/2021.

La lectura del contador volumétrico situado al principio de una de las filas de lechuga da un aporte a esa fila portagoteros de  $1,68 \text{ m}^3$  para todo el ciclo de cultivo. Como esa superficie regada se refiere a 12 m de longitud de la portagoteros x 1 m de anchura =  $12 \text{ m}^2$ , eso equivale a un aporte total por ha de  $1.400 \text{ m}^3/\text{ha}$ , que se considera normal por las escasas precipitaciones en el periodo de cultivo.

**A continuación se reflejan algunos de los datos obtenidos de las sondas de humedad volumétrica del suelo y su interpretación:**

Las curvas de humedad volumétrica dan lo siguiente:

Humedad Volumétrica

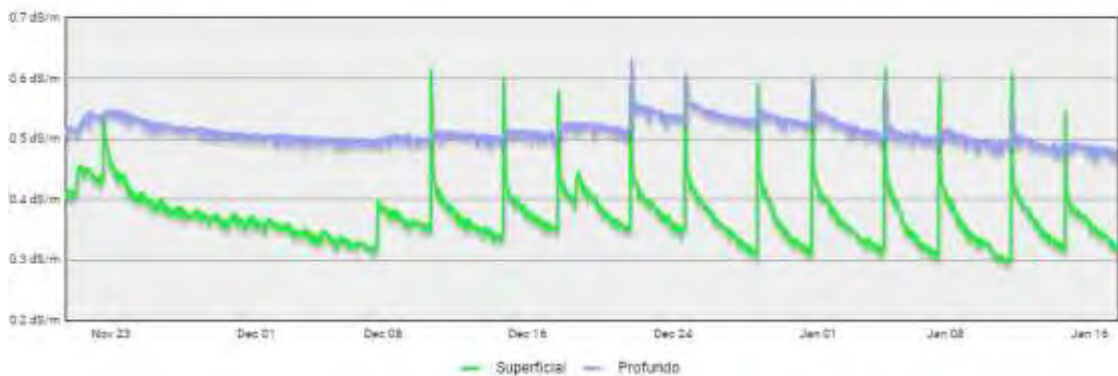


Se colocaron sensores a dos profundidades, 20 y 60 cm. Se han estado dando riegos de 60-70 minutos y la humedad volumétrica en profundidad (línea verde) ha ido *“in crescendo”*, pasando de poco más del 25% a casi el 30%. Esto indica un exceso de percolación, por lo que los riegos se redujeron a 45 minutos al día y en dos riegos diarios a partir del 13 de enero. Este resultado se ha visto corroborado con la lixiviación en el fondo de los lisímetros, que ha ido creciendo.

No se puede reducir el riego muy drásticamente porque las sales entrarían en el bulbo, con el consiguiente detrimento del desarrollo de las plantas.

Las curvas de conductividad a las dos profundidades dan lo siguiente:

Conductividad Eléctrica



**Humedad Volumétrica**



**Conductividad Eléctrica**



Panel de control 31 enero de 2022



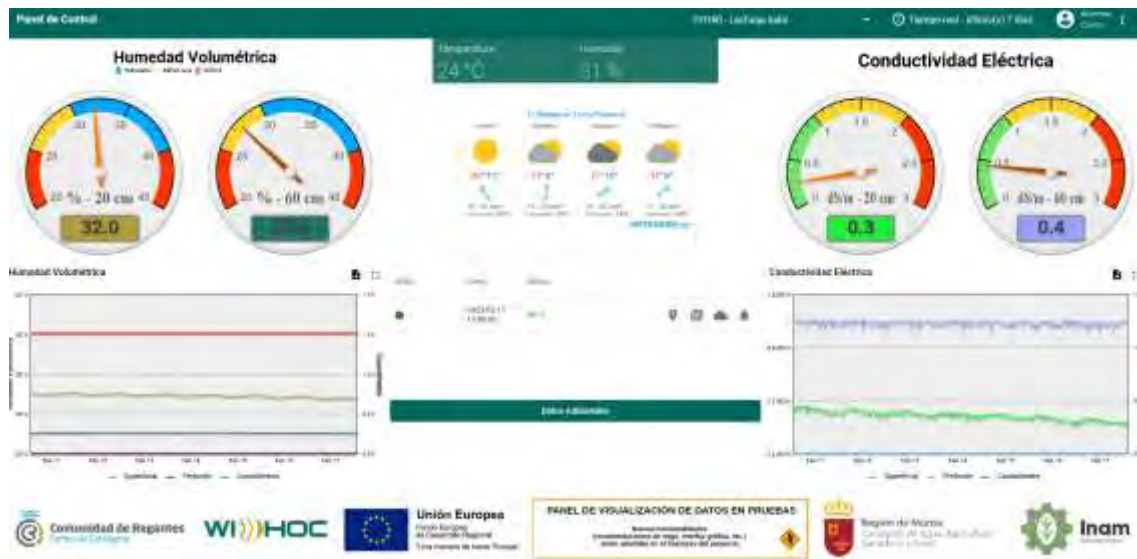
Se cortan los riegos el 27 de enero y se aprecia como la humedad volumétrica en superficie va disminuyendo desde entonces.

**LECHUGA BABY LISÍMETROS 17 de febrero de 2022**

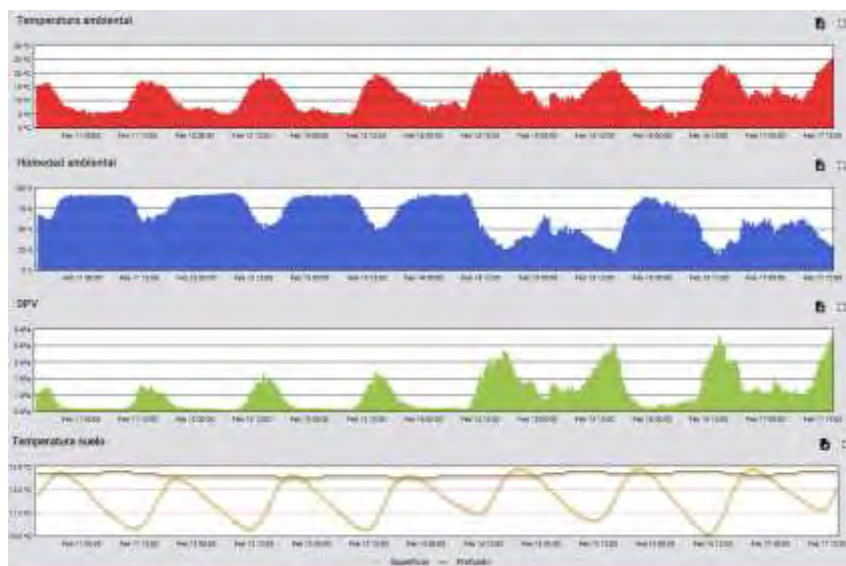
En el siguiente panel se puede observar como a 60 cm tenemos una humedad volumétrica del 28,6% y a 20 cm del 32%. La recolección se realizó la semana pasada y esto es consecuencia de un riego de enjuague de los goteros. Ambas medidas están entrando en déficit de riego consecuencia de haberse cortado los mismos.

Se observa la línea roja de humedad volumétrica a capacidad de campo en el 40% y la línea negra indicativa de punto de marchitamiento permanente en el 25%. Ambas líneas se han obtenido por análisis de la estructura del suelo, que ha determinado para este tipo de suelo esos valores

orientativos, entre los que tiene que estar el riego. Los valores de capacidad de campo oscilan entre el 18% en un suelo arenoso y el 45% en un o arcilloso.



Estos dispositivos cuentan con un panel de control adicional, que miden la temperatura ambiental, la humedad ambiental, el déficit de presión de vapor, la lluvia y la temperatura del suelo, cuyos resultados se pueden ver en las siguientes gráficas:





Estado de las bancadas de cultivo tras una lluvia de 25 mm el 19 de noviembre de 2021.

En lo que se refiere al abonado, dada la poca fertilidad del suelo, se aplicó estiércol de fondo en una dosis de 600 kg de estiércol fresco para toda la parcela (6.000 kg/ha) con las siguientes características:

Determinaciones (Parameters)	Método (Method)	Unidades (Units)	Muestra Seca (Dried Sample)	Incert. (Uncert.)	LC (LQ)	Muestra Fresca (Fresh Sample)
*pH a 21.71°C (1:25)	AGU0101		7.3	(1)	1.0	
*Humedad	QUI0003	(%)		(1)	2.5 (%)	30.56
*Materia Seca	QUI0003	(%)		(1)	0.1 (%)	69.44
*Materia Orgánica Total - CALCINACIÓN	QUI0005	(%)	31.5	(1)	0.5 (%)	21.9
*Cenizas	QUI0005	(%)	68.5	(1)	0.5 (%)	47.6
*Carbono Orgánico		(%)	18.3	(1)	0.5 (%)	12.7
Nitrogeno total (N)	QUI0014	(% N)	1.42	(1)	1.0 (% N)	0.986
*Relación Carbono/Nitrógeno			12.9	--	N.D.	12.9
Fósforo soluble en ácidos minerales	FER0006	(% P2O5)	1.52	(1)	0.12 (% P2O5)	1.06
Potasio soluble en ácidos minerales	FER0006	(% K2O)	1.10	(1)	0.06 (% K2O)	0.764
*Calcio total (Ca)	QUI_1000_ICP_MS	(% CaO)	22.1	(1)	0.14 (% CaO)	15.3
*Magnesio total (Mg)	QUI_1000_ICP_MS	(% MgO)	1.20	(1)	0.17 (% MgO)	0.833
*Sodio total (Na)	QUI_1000_ICP_MS	(% Na2O)	0.240	(1)	0.13 (% Na2O)	0.167
*Azufre total (S)	QUI_1000_ICP_MS	(% SO3)	21.3	(1)	0.1 (% SO3)	14.8
*Cloruros (Cl-)	IC-100	(% Cl-)	0.234	(1)	0.13 (% Cl-)	0.162
*Boro total (B)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	33.5	(1)	6.0 (mg/kg)	23.3
Cobre total (Cu)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	49.4	(1)	2.0 (mg/kg)	34.3
*Hierro total (Fe)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	0.473	(1)	20 (mg/kg)	0.328
*Manganeso total (Mn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	341	(1)	10 (mg/kg)	237
Molibdeno total (Mo)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	3.09	(1)	0.5 (mg/kg)	2.15
Zinc total (Zn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	266	(1)	5.0 (mg/kg)	185



## LÍMITE MÁXIMO DE METALES PESADOS.

( Anexo V del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.)

Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el Cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

METAL PESADO	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca Líquidos: mg/kg		
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	No detectable según el método oficial	No detectable según el método oficial	No detectable según el método oficial

Se aplicó también compost en las mesetas de cultivo, una vez realizadas estas, con una dosis de 800 kg para toda la parcela (8.000 kg/ha) con las siguientes características:

Determinaciones (Parameters)	Método (Method)	Unidades (Units)	Muestra Seca (Dried Sample)	Incert. (Uncert.)	LC (LQ)	Muestra Fresca (Fresh Sample)
*pH a 21.46°C (1:25)	AGU0101		7.7	(1)	1.0	
*Humedad	QUI0003	(%)		(1)	2.5 (%)	43.48
*Materia Seca	QUI0003	(%)		(1)	0.1 (%)	56.52
*Materia Orgánica Total - CALCINACIÓN	QUI0005	(%)	45.9	(1)	0.5 (%)	25.9
*Cenizas	QUI0005	(%)	54.1	(1)	0.5 (%)	30.6
*Carbono Orgánico		(%)	26.6	(1)	0.5 (%)	15.0
Nitrogeno total (N)	QUI0014	(% N)	1.62	(1)	1.0 (% N)	0.916
*Relación Carbono/Nitrógeno			16.4	--	N.D.	16.4
Fósforo soluble en ácidos minerales	FER0006	(% P2O5)	0.842	(1)	0.12 (% P2O5)	0.476
Potasio soluble en ácidos minerales	FER0006	(% K2O)	1.87	(1)	0.06 (% K2O)	1.06
*Calcio total (Ca)	QUI_1000_ICP_MS	(% CaO)	2.51	(1)	0.14 (% CaO)	1.42
*Magnesio total (Mg)	QUI_1000_ICP_MS	(% MgO)	0.793	(1)	0.17 (% MgO)	0.448
*Sodio total (Na)	QUI_1000_ICP_MS	(% Na2O)	0.496	(1)	0.13 (% Na2O)	0.280
*Azufre total (S)	QUI_1000_ICP_MS	(% SO3)	0.793	(1)	0.1 (% SO3)	0.448
*Cloruros (Cl-)	IC-100	(% Cl-)	0.607	(1)	0.13 (% Cl-)	0.343
*Boro total (B)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	21.0	(1)	6.0 (mg/kg)	11.9
Cobre total (Cu)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	36.3	(1)	2.0 (mg/kg)	20.5
*Hierro total (Fe)	QUI_1000_ICP_MS	(%)	0.581	(1)	20 (mg/kg)	0.328
*Manganeso total (Mn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	217	(1)	10 (mg/kg)	123
Molibdeno total (Mo)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	1.32	(1)	0.5 (mg/kg)	0.746
Zinc total (Zn)	QUI_1000_ICP_MS	(mg/kg)	159	(1)	5.0 (mg/kg)	89.9



Aplicación de compost.

### 3.8. Calculadora de nitrógeno.

Se ha utilizado la aplicación web desarrollada para realización de los cálculos, conforme al punto 8. “Determinación de la dosis de abonado nitrogenado. Balance de nitrógeno”, de la Orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, por las que se establecen los programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia.

La aplicación abre una plantilla para el cálculo en la que se introducen previamente a la realización del cultivo los datos generales de la parcela y propietario, las entradas de Nitrógeno y las salidas de Nitrógeno esperadas, obteniéndose como resultado el balance de Nitrógeno.

Las entradas de nitrógeno son las siguientes:

**E1. Nmin (kg N/ha). Nitrógeno mineral inicial del suelo**

PRIMER CULTIVO: LECHUGA	NO <sub>3</sub> (mg NO <sub>3</sub> /kg suelo)	Factor de agotamiento de nitratos (FA) (%)	Mineralización por suelo humectado (fB)	Factor de conversión	Nmin:	E1 Nmin:
	49,1	15	1	3,75	41,61 (kg N/ha)	6,24 (kg N/ha)

**E2. Mineralización materia orgánica suelo (kg N/ha)**

PRIMER CULTIVO: LECHUGA	Textura	% de Materia orgánica	Mineralización materia orgánica del suelo (kg N/ha)	Mineralización por suelo humectado (fB)	E2 N humus
	Franco arcilloso	0,65	7	1	7,00 (kg N/ha)

**E3. Dosis enmienda orgánica (kg/ha)**

Frecuencia de aplicación de la enmienda orgánica: Bienal

N total (% sim)	% de Materia seca	Dosis de enmienda (kg/ha ó L/ha)	N procedente de la mineralización enmienda org.	E3 N mineralización
1,55	60,83	14000	0,5	66,00 (kg N/ha)

Cantidad de N aportada: 66,00 (kg N/ha)

**E4. Dosis de riego**

PRIMER CULTIVO: LECHUGA	Factor	Dosis de riego (m <sup>3</sup> /ha)	Nitrato en el análisis de agua de riego (mg NO <sub>3</sub> -N/L)	E4 N aportado agua de riego
	0,8	2233	6,14	2,48 (kg N/ha)

La producción total esperada base de los cálculos se ha estimado en 50 t/ha. Finalmente se han producido 49,7 t/ha de lechugas sin deshojar, cifra muy próxima a la esperada. La producción de lechuga comercial es de 33 t/ha, que es la que hay que considerar según la calculadora de nitrógeno; pero en nuestro caso las hojas se han sacado de la plantación y se podrían calcular las extracciones de la cosecha total, pues la lechuga se ha deshojado en almacén y no en campo como es habitual. Se conoce por lo tanto el peso de la lechuga deshojada y se contabiliza esta para la extracción de nitrógeno.



1 DATOS GENERALES DE LOCALIZACIÓN    2 ENTRADAS DE NITRÓGENO    3 SALIDAS DE NITRÓGENO    4 BALANCE DE NITRÓGENO

S1: Salida de N (kg N/ha)

EX: Coeficiente de extracción (kg N/t)    PI: Producción (t/ha)    S1: Extracciones totales

PRIMER CULTIVO: LECIUGA    2,5    50    125,00 kg N/ha

IR AL PASO 2: ENTRADAS DE N    IR AL PASO 4: VER BALANCE DE N

El balance de N resultante es el siguiente:



NUEVO CÁLCULO

1 DATOS GENERALES DE LOCALIZACIÓN    2 ENTRADAS DE NITRÓGENO    3 SALIDAS DE NITRÓGENO    4 BALANCE DE NITRÓGENO

Aporte de Nitrógeno mineral kg N /ha

PRIMER CULTIVO: LECIUGA

$S1 - (E1 + E2 + E3 + E4) = 43,28$

VÁLIDO

DESCARGAR EN FORMATO PDF    DESCARGAR EN XML PARA FUTUROS CÁLCULOS

En base a estos cálculos, se establece que habría que limitar las aportaciones a 4,15 kg de N mineral en la parcela de 960 m<sup>2</sup> durante todo el ciclo (43,28 kg N/ha), además del estiércol y compost, en cumplimiento de la Ley 3/2020 y siguiendo la calculadora de nitrógeno. Se han aplicado los siguientes abonos: nitrato cálcico, nitrato potásico y ácido nítrico.

Pero se produjo una importante lluvia nada más realizar la plantación y el estercolado de fondo con 5 días de duración, con un total de 51,6 l/m<sup>2</sup> (11,6 l/m<sup>2</sup> el 17 de noviembre, 11,8 el 18, 9,8 el 19, 8,8 el 20 y 9,6 el 21) y el suelo tenía unos niveles muy bajos de fertilidad, al objeto de no comprometer la viabilidad comercial se consideró aplicar un abonado superior al ofrecido por la calculadora de nitrógeno, para compensar el lavado de nitratos del estercolado debido a esas tempranas lluvias.

Se abonó por medio de concentraciones de tres tanques de abonado limitando durante todo el ciclo a una CE de 2,0 dS/m (la CE del agua de riego es de 1,11 dS/m) por lo que la cantidad total de abono nitrogenado aplicada ha sido de:

Nitrato cálcico (15,5% N, CE) 1 l en 1.000 l de agua aumenta la CE a 1,3 dS/m

Nitrato potásico (13,0% N) 1 l en 1.000 l de agua aumenta la CE a 1,386 dS/m

Ácido nítrico (12,0% N), 1 l en 1.000 l de agua aumenta la CE a 4,6 dS/m

El aumento medio de la conductividad en 1.000 l de agua por cada litro de abono (cada uno el 33%) es de 2,43 dS/m, como la CE del agua de riego es de 1,11 dS/m, se aumentaba en cada riego la CE en 1,32 dS/m (para llegar a los 2 dS/m), lo que equivale a 0,54 l de la mezcla de los tres abonos aplicados por cada 1.000 l de riego.

Por lo antedicho, se han aplicado 0,54 l de abono en cada 1.000 litros de riego, lo que equivale para todo el ciclo y la parcela de 960 m<sup>2</sup> (134 m<sup>3</sup> de agua aplicados) a una cantidad de abono de 72,36 kg. Por lo tanto, se aplicaron a toda la parcela por el gotero 24 kg de nitrato cálcico, 24 kg de nitrato potásico y 24 kg de ácido nítrico, que suponen 10,43 kg de N en total (108,64 kg N/ha).

La calculadora de nitrógeno permitía una aplicación de 43,28 kg N/ha, por lo que el exceso de abonado mineral nitrogenado aplicado ha sido de 65,36 kg N/ha.

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

No se han realizado tratamientos fitosanitarios y las malas hierbas se han quitado manualmente, aunque ha habido pocas gracias a que el suelo estaba poco sembrado, por proceder de un relleno de subsuelo profundo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1 Diseño estadístico de las parcelas experimentales.

Se trata de una parcela con 10 unidades experimentales, por lo que además del carácter demostrativo y de apreciación inicial de comportamiento de los distintos tratamientos, se pueden realizar repeticiones para diseño estadístico.

El diseño experimental consiste en 10 parcelas lisimétricas, que se pueden considerar distribuidas en cuadrado latino, donde se podrán ensayar tres tratamientos con 3 repeticiones cada uno y uno de ellos con 4 repeticiones.

Para 2021 y un primer cultivo de lechuga Baby de otoño, se ha planteado abonar y regar en las mismas condiciones, para evaluar la uniformidad de la instalación en cuanto a agua drenada y

nitratos lixiviados, así como para asentar la tierra que no tiene horizontes estructurales como es lógico.

Se realizó estercolado y aplicación de compost, a base de 6.000 kg/ha y 8.000 kg/ ha respectivamente. No se ha realizado abonado de fondo y el abonado de cobertera en gotero ha sido a base de N. Amónico, N. cálcico y N. Potásico, dentro de las limitaciones de la ley 3/2020.



Aspecto de las parcelas lisimétricas con carteles explicativos y el foso en primer plano.



Detalle de los depósitos y del foso de recogida de drenajes.

#### 4.2 Parámetros y controles realizados.

Durante todo el ciclo de cultivo se ha medido la concentración de nitratos, el pH y la conductividad del agua de los depósitos.

Los parámetros controlados se clasifican en dos grupos: parámetros de calidad de la cosecha (que se describen en el apartado de recolección) y parámetros agronómicos.

Parámetros agronómicos:

- Agua. Se ha realizado un análisis del agua con la que se han regado las lechugas, antes de poner en marcha el cultivo, que incluye los parámetros normales de los análisis de agua para riego. Asimismo, se ha controlado el caudal de los tres sectores de riego, comprobando que siempre se rieguen con el mismo volumen de agua y en el mismo momento. Se mide también el volumen de agua drenada de cada parcela.

El conjunto de toda esta información permite realizar un balance de masas comparativo entre los tres tratamientos contemplados en el ensayo.

Se ha realizado un análisis semanal de lixiviados y su medida de nitratos en el espectrofotómetro.



- Análisis de suelo. Se han analizado dos muestras representativas del suelo de relleno de las parcelas, para conocer su estado inicial. Para conocer la evolución de dicho suelo durante el ensayo, se tomarán muestras periódicamente para su análisis e interpretación. En principio, se considera la realización de 1 análisis anual, número que podrá aumentarse posteriormente en función de los resultados que se obtengan.
- Análisis foliares. Es también importante conocer la dinámica de los principales elementos en las plantas, en función del agua de riego utilizada y los tratamientos, como son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). La toma de muestras de hojas se realiza a partir de 2021, previa a la recolección, y su periodicidad será anual, para cada cultivo ensayado.







Lisímetros embalsados en el proceso de construcción, tras una lluvia de 53 mm, con esta lluvia los grifos cerrados del foso se ha podido comprobar la adecuada estanqueidad de la instalación (22/09/2021).

#### 4.3 Resultados: lixiviados y nitratos.

Se tomaron muestras de lixiviados en los depósitos de drenaje cada semana para analizar la concentración de nitratos, así como el volumen de agua drenada. Los resultados se reflejan en las siguientes tablas:

<b>Contador</b>	Lectura del día
<b>Volumen</b>	Volumen recogido. Diferencia con la lectura anterior
<b>[NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]ppm</b>	Según lecturas del espectrofotómetro
<b>[NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]total (gr)</b>	PPM x volumen recogido
<b>[N<sup>-</sup>] (gr)</b>	15 gr de N en 62 gr de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

FECHA	Contador	Volumen (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> )	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]ppm	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]total (gr)	[N <sup>-</sup> ] (gr)	pH	CE (dS/m)
15/11/2021	167	167					
15/11/2021	207	207					
15/11/2021	77	77					
15/11/2021	97	97					
15/11/2021	164	164					

15/11/2021	82	82					
15/11/2021	187	187					
15/11/2021	170	170					
15/11/2021	143	143					
15/11/2021	167	167					
22/11/2021	230	63	355	22,36	5,05	8,44	2,57
22/11/2021	629	422	334	140,87	31,81	8,46	2,37
22/11/2021	905	828	299	247,52	55,89	8,19	2,62
22/11/2021	856	759	284	215,78	48,73	8,05	2,67
22/11/2021	167	3	3	0,01	0,00	7,69	0,27
22/11/2021	82	0	-	-	-	-	-
22/11/2021	306	119	235	27,94	6,31	7,52	1,75
22/11/2021	549	379	219	82,91	18,72	7,73	1,91
22/11/2021	264	121	-	-	-	-	-
22/11/2021	222	55	251	13,81	3,12	7,79	2,41
24/11/2021	512	282	434	122,36	27,63	7,77	3,02
24/11/2021	1038	409	362	148,14	33,45	8,33	2,53
24/11/2021	1427	522	316	165,15	37,29	8,00	2,72
24/11/2021	1465	609	285	173,52	39,18	7,93	2,69
24/11/2021	724	557	153	85,30	19,26	7,99	2,27
24/11/2021	141	59	287	16,96	3,83	8,21	2,19
24/11/2021	531	225	329	74,00	16,71	8,22	2,25
24/11/2021	1344	795	287	228,42	51,58	7,99	2,28
24/11/2021	672	529	305	161,57	36,48	7,96	2,65
24/11/2021	1974	1752	244	428,09	96,67	8,05	2,42
04/01/2022	1742	1230	443	545,06	123,08	7,95	3,05
04/01/2022	2231	1193	395	471,30	106,42	8,06	2,75
04/01/2022	2769	1342	353	473,84	107,00	7,98	2,95
04/01/2022	2632	1167	336	391,66	88,44	7,87	2,99
04/01/2022	1485	761	268	204,07	46,08	7,93	2,49
04/01/2022	740	599	435	260,30	58,78	7,87	2,90
04/01/2022	1600	1069	409	437,51	98,79	7,94	2,71
04/01/2022	2334	990	340	336,18	75,91	7,99	2,62
04/01/2022	2433	1761	355	625,16	141,16	8,08	2,81
04/01/2022	3374	1400	268	374,84	84,64	8,00	2,56
13/01/2022	2684	942	453	427,15	96,45	7,85	3,19
13/01/2022	3154	923	416	383,99	86,71	7,95	2,83
13/01/2022	4139	1370	374	511,86	115,58	7,80	2,95
13/01/2022	4227	1595	315	501,83	113,32	7,89	2,82
13/01/2022	2476	991	276	273,80	61,83	7,87	2,39
13/01/2022	1133	393	440	172,88	39,04	7,72	2,83

13/01/2022	3016	1416	459	650,37	146,86	7,82	2,80
13/01/2022	3484	1150	350	402,79	90,95	7,98	2,62
13/01/2022	3530	1097	364	398,92	90,08	7,85	2,81
13/01/2022	4292	918	293	268,61	60,65	8,07	2,62
21/01/2022	3070	386	436	168,13	37,97	7,56	3,07
21/01/2022	3534	380	407	154,64	34,92	7,77	2,89
21/01/2022	4557	418	352	147,32	33,27	7,79	2,95
21/01/2022	4632	405	287	116,42	26,29	7,81	2,84
21/01/2022	3375	899	242	217,62	49,14	7,88	2,40
21/01/2022	1412	279	432	120,50	27,21	7,80	2,90
21/01/2022	3517	501	430	215,33	48,62	7,77	2,85
21/01/2022	3834	350	333	116,61	26,33	7,85	2,61
21/01/2022	3924	394	316	124,60	28,14	7,78	2,79
21/01/2022	4655	363	277	100,45	22,68	7,86	2,60
27/01/2022	3385	315	442	139,38	31,47	7,97	3,05
27/01/2022	3835	301	410	123,35	27,85	8,44	2,87
27/01/2022	4868	311	315	98,00	22,13	8,02	2,98
27/01/2022	4948	316	287	90,76	20,49	8,01	2,91
27/01/2022	3670	295	232	68,34	15,43	7,93	2,49
27/01/2022	1659	247	435	107,37	24,24	7,89	2,92
27/01/2022	3860	343	418	143,40	32,38	7,88	2,84
27/01/2022	4101	267	331	88,35	19,95	7,96	2,65
27/01/2022	4238	314	333	104,41	23,58	7,91	2,92
27/01/2022	4948	293	258	75,55	17,06	7,97	2,65
02/02/2022	3564	179	435	77,84	17,58	7,87	3,16
02/02/2022	3988	153	409	62,57	14,13	7,80	3,00
02/02/2022	5015	147	347	51,08	11,53	7,86	3,08
02/02/2022	5074	126	284	35,73	8,07	7,84	2,97
02/02/2022	3736	66	218	14,36	3,24	7,87	2,51
02/02/2022	1831	172	436	75,07	16,95	7,78	2,98
02/02/2022	4010	150	411	61,60	13,91	7,80	2,93
02/02/2022	4202	101	325	32,84	7,41	7,84	2,68
02/02/2022	4378	140	304	42,51	9,60	7,80	2,89
02/02/2022	5072	124	241	29,94	6,76	7,87	2,66
21/02/2022	3584	20	399	7,98	1,80	7,60	3,00
21/02/2022	4025	37	387	14,33	3,24	7,50	2,99
21/02/2022	5067	52	332	17,24	3,89	7,65	3,09
21/02/2022	5150	76	256	19,44	4,39	7,66	3,00
21/02/2022	3840	104	188	19,57	4,42	7,70	2,53
21/02/2022	1831	0	402	0,00	0,00	7,13	3,03
21/02/2022	4112	102	415	42,31	9,55	8,40	2,90
21/02/2022	4254	52	335	17,41	3,93	7,89	2,76

21/02/2022	4439	61	295	17,98	4,06	7,77	2,93
21/02/2022	5099	27	222	5,98	1,35	7,75	2,69

Los datos medios de las 77 medidas que se han obtenido de lixiviados profundos son los siguientes:

- Concentración media de nitratos..... 338,83 ppm
- Nitratos medios drenados (ppm x volumen lixiviado)..... 216,01 g
- Nitrógeno medio drenado (ppm x volumen lixiviado)..... 39,98 g
- Conductividad media de los lixiviados .....2,74 dS/m
- pH medio de los lixiviados .....8,00

El volumen total de nitratos lixiviados ha sido de 13,63 kg y la cantidad total de nitrógeno perdido en el acuífero de 3,08 kg, para la superficie de 960 m<sup>2</sup>. Esto supone unas pérdidas para un ciclo de lechuga Baby de 3,21 g/m<sup>2</sup> en nuestras condiciones de ensayo, o lo que es lo mismo, de 32,1 kg N/ha.

El abono disponible para el cultivo ha sido (por ha) de 6,24 kg/N procedente del N mineral inicial en el suelo; 7,00 kg/N procedente de la mineralización de la m.o del suelo; 66,00 kg/N procedente de la materia orgánica aplicada (estiércol + compost); 2,48 kg/N procedente del N mineral y 108,64 kg N/ha que se aplica de abono mineral para compensar las extracciones estimadas del cultivo y el lavado de las lluvias al principio de la plantación, totalizando de 190,36 kg N/ha disponible para el cultivo.

La calculadora de nitrógeno daba unas extracciones para la cosecha obtenida de 125,00 kg N/ha y recomendaba aplicar 43,28 kg de N mineral /ha. Finalmente se han aplicado 108,64 kg N mineral /ha en forma de nitrato potásico, nitrato cálcico y ácido nítrico, con objeto de compensar el “lavado de sales” de las tempranas lluvias de noviembre. El resultado de los lisímetros de drenaje ha sido que 32,1 kg N/ha se ha perdido con el agua de percolación profunda, casi todo el exceso respecto al dato de la calculadora de nitratos.

En comparación con el abonado nitrogenado disponible para las plantas (190,36 kg N/ha), en todo el ciclo de cultivo y por ha se han lixiviado 32,1 kg N/ha, lo que sería una cantidad moderada, ya que sólo asciende al 16,86% del N total calculado. Habría que ver si parte de esos nitratos permanecen en el suelo en los siguientes cultivos y son drenados posteriormente o con las aguas de lluvia.

Sí que es más significativo el volumen de agua drenado, que asciende a 41.522 litros (43,25 l/m<sup>2</sup>), lo que equivale a un agua percolada total procedente del riego y precipitaciones de 432,50 m<sup>3</sup>/ha.

Respecto al agua aportada por el riego (1.400 m<sup>3</sup>/ha) sumada al agua de lluvia en el periodo desde la plantación hasta la recolección, desde mediados de noviembre hasta principios de febrero, (75,6 l/m<sup>2</sup>, o sea 756 m<sup>3</sup>/ha), lo que hace unos aportes totales de 2.156 m<sup>3</sup>/ha, el porcentaje de agua drenada asciende al 20,03%.

Los datos corroboran la bondad de la calculadora de nitratos, ya que el abono aportado en exceso respecto a los cálculos ofrecidos por la misma se ha lixiviado en su totalidad.

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

Al final del ciclo de cada especie, se plantea la recolección y se medirán los siguientes parámetros:

- Cosecha total y comercial. Se expresa como el número de plantas o kilos por unidad de superficie. Para su determinación se realiza una extracción de muestra de material vegetal de aproximadamente 2 x 2 m<sup>2</sup> de superficie, incluyendo parte aérea y radicular. Tras recoger las muestras y prepararlas adecuadamente, se procesarán mediante pesado. Se mide este parámetro en cada ciclo de cultivo.
- Uniformidad. Depende de diversos factores (altura de las plantas, densidad, etc.). Este parámetro estima la apariencia general de la plantación. Tiene una considerable carga subjetiva, por lo que su valoración será más bien por comparación entre los tres tipos de tratamiento del ensayo. Se evalúa este parámetro cada mes.
- Desarrollo. Se estima mediante la medición de creación de biomasa aérea. Se realiza mediante la medición de la altura de una superficie de 2 x 2 m<sup>2</sup> de plantas, con una frecuencia mensual.
- Estado fisiológico de las plantas. Se define como el estado de la vegetación, considerando los daños, causados por enfermedades, insectos, climatología, etc. Se determinará si se produce algún daño durante el tiempo que dure el ensayo, a efectos comparativos entre tratamientos. Esto no es medible por sí mismo, por lo que se relacionará con la evolución de otros parámetros.



Aspecto del cultivo en diciembre de 2021.







Para cada uno de los lisímetros se tomaron los datos que se reflejan en la siguiente tabla, en un total de 57 lechugas:

	<b>Peso sin deshojar</b>	<b>Largo</b>	<b>Grueso</b>	<b>Peso</b>
1	247	12,5	11	256
2	301	12,5	10	270
3	243	13	10,5	202
4	428	12	10	256
5	312	12,5	10	186
6	280	12	10,5	230
7	284	14,5	8,5	170
8	254	13	10	180
9	431	12	10	237
10	360	13	7,5	146
11		13	9	269
12		12,5	10	206
13		12	10	235
14		14	8	163
15		12,5	10,5	202
16		11,5	9,5	208
17		14	9	183
18		13	9,5	235



19		13	10	235
20		13	10	217
21		14	9,5	214
22		13	9	181
23		13,5	9,5	208
24		14	9,5	213
25		13	9	195
26		11,5	9,5	266
27		12,5	10	250
28		14	7,5	93
29		15	8,5	182
30		14,5	10,5	244
31		14,5	10,5	282
32		14,5	10	227
33		13	10	223
34		13	11	316
35		14	11	231
36		13,5	9	232
37		12,5	10,5	241
38		13	10	245
39		12,5	10	214
40		13	10	275
41		13,5	9	258
42		12	10,5	272
43		14,5	11	264
44		13,5	10	265
45		12	9,5	232
46		13	10	240
47		12,5	10,5	218
48		14	9	191
49		12	10,5	216
50		14	9	202
51		12,5	9,5	245
52		12	9,5	190
53		12	9,5	224
54		12	8,5	168
55		12,5	10	204
56		13	9	204
57		12,5	9	186
<b>TOTAL</b>	<b>3.140</b>	<b>741,5</b>	<b>552</b>	<b>12.597</b>



Los datos medios, máximos y mínimos de la cosecha comercial (lechuga desojada) para los 10 lisímetros se relejan en la siguiente tabla, en un total de 570 lechugas:

Lixímetro	Peso medio sin deshojar g	Peso medio deshojada g	Largo	Ancho
L1 Sur	397,3	222,66	13,73	10,12
Máximo	474	314	16	12
Mínimo	320	73	10	7,5
L2 Sur	363,6	242,6	13,68	10,31
Máximo	580	439	15,5	12,5

Mínimo	216	78	12	7
L3 Sur	367,2	284,05	13,67	10,59
Máximo	475	407	15,5	13
Mínimo	284	164	11,5	6,5
L4 Sur	324	244,87	13,28	10,31
Máximo	386	353	15	14
Mínimo	242	96	12	7,5
L5 Sur	384,3	259	12,88	10,62
Máximo	452	333	14,5	12,5
Mínimo	272	90	12	7,5
L1 Norte	334,2	208,64	12,63	9,24
Máximo	423	300	15	10,5
Mínimo	103	129	11,5	4,8
L2 Norte	380,5	203,5	12,64	9,37
Máximo	506	297	14,5	12
Mínimo	278	85	9,5	7
L3 Norte	328,9	223,23	13,14	10,22
Máximo	424	323	15,5	12,5
Mínimo	228	126	11,5	7,5
L4 Norte	355,4	245,4	13,23	10,68
Máximo	490	356	16,5	12,5
Mínimo	267	120	11,5	9
L5 Norte	314	221	13,01	9,68

Máximo	431	316	15	11
Mínimo	243	93	11,5	7,5

No se aprecian diferencias significativas entre lisímetros, como es lógico ya que el tratamiento ha sido el mismo, siendo los valores medios para todas las lechugas muestreadas los siguientes:

- Peso medio lechuga sin deshojar..... 354,94 g
- Peso medio lechuga deshojada..... 235,49 g
- Longitud media lechuga deshojada..... 131,89 g
- Anchura media lechuga deshojada..... 101,14 g

Se recolectó por cada lisímetro un cuadro de 4 x 1 m<sup>2</sup>, lo que a un marco de 0,15 cm entre lechugas x 1 m entre calles hacen 60 lechugas en este espacio de 4 m<sup>2</sup>. La recolección ha dado una media de 14 lechugas por m<sup>2</sup>, por las marras o fallos en la plantación, lo que equivale a un peso medio de lechugas deshojadas de 3,3 kg/m<sup>2</sup> o sea 33.000 kg de lechugas /ha para 140.000 piezas, datos muy comerciales. La producción de lechuga sin deshojar es de 4,97 kg/m<sup>2</sup>, lo que equivale a 49.700 kg de biomasa/ha.

Los datos corroboran que la producción ha sido la normal en el Campo de Cartagena, lo que permite conocer lo que se lixivia en las condiciones en las que hemos desarrollado nuestro cultivo, que sería un buen cultivo de la zona.

## 5. CONCLUSIONES.

Se establecieron en el CIFE de Torre-Pacheco 10 lisímetros al aire libre para determinar la cantidad de nitratos lixiviados y el drenaje en distintas condiciones de cultivo, riego y abonado y un cultivo de lechuga esta primera anualidad para determinar el funcionamiento del sistema.

Se construyeron 10 lisímetros con superficies de 96 m<sup>2</sup> cada uno y de 0,6- 0,8 m de profundidad, impermeabilizados mediante lámina plástica de PE de 1,5 mm de espesor y con 10 depósitos de recogida de drenajes individuales y enterrados de 100 l cada uno, con contador asimismo individual del percolado.

Construida la infraestructura, en esta primera anualidad se ha realizado un cultivo de lechuga Baby, plantada el 12 de noviembre de 2021, con la misma fertilización en todas las parcelas en que se divide el ensayo, con el objetivo de asentar la tierra, comprobar el correcto funcionamiento de los 10

lisímetros, evaluar la lixiviación de nitratos en estas condiciones y las pérdidas de agua por percolación.

De los resultados obtenidos en este primer cultivo de lechuga se han podido obtener las siguientes conclusiones:

- La aplicación web desarrollada por la Consejería llamada “Calculadora de Nitrógeno” para realización de los cálculos del balance de nitrógeno es un instrumento válido y correctamente diseñado para controlar la lixiviación de nitratos al realizar la fertirrigación en el cultivo de lechuga. El balance de nitratos para la producción realmente obtenida recomendaba aplicar como nitrógeno mineral (una vez aportado compost y estiércol) la cantidad de 43,28 kg /ha. Para compensar las extracciones y un lavado inicial del abonado orgánico del suelo por importantes lluvias, se aplicó una cantidad de abono mineral de 108,64 kg N/ha. El resultado final ha sido que, teniendo el cultivo una producción comercial muy satisfactoria, se han lixiviado en todo el cultivo 32,1 kg N/ha con el agua de percolación profunda. El exceso aplicado respecto de los datos de la calculadora ha sido de 65,36 kg N/ha, de los que 32,1 se han lixiviado (medidos en espectrofotómetro), por lo que los nitratos percolados habrían sido mucho menores o incluso casi nulos siguiendo la aplicación.
- Las sondas para el control de la humedad volumétrica del suelo son efectivas para el control del riego. Se dispusieron dos sondas en la parcela lisimétrica (colocadas a 20 y 60 cm de profundidad), controlando en todo el ciclo que los valores de humedad estuvieran entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento y suponiendo un aporte total durante el ciclo de cultivo 1.400 m<sup>3</sup>/ha. El volumen de agua drenado procedente del riego y precipitaciones asciende a 432,50 m<sup>3</sup>/ha. Respecto al agua aportada por el riego (1.400 m<sup>3</sup>/ha) sumada al agua de lluvia en el periodo desde la plantación hasta la recolección (desde mediados de noviembre hasta principios de febrero 75,6 l/m<sup>2</sup>, o sea 756 m<sup>3</sup>/ha), lo que hace unos aportes totales de 2.156 m<sup>3</sup>/ha, el porcentaje de agua drenada asciende al 20,03%. Las sondas se han visto como un instrumento eficaz para controlar el riego.
- La fracción de materia orgánica debe ser controlada mediante análisis de la riqueza en N, ya que con lluvias puede suponer una parte importante del nitrato lixiviado. La calculadora de nitrógeno estima adecuadamente este parámetro. Los valores obtenidos en la aplicación de abono disponible por hectárea para nuestro cultivo son los siguientes: 6,24 kg/N procedente

del N mineral inicial en el suelo; 7,0 kg/N procedente de la mineralización de la m.o del suelo; 66,0 kg/N procedente de la materia orgánica aplicada (estiércol + compost); 2,48 kg/N procedente del N mineral del agua y 43,28 kg N/ha que se debía aplicar de abono mineral para compensar las extracciones estimadas del cultivo, totalizando de 118,76 kg N/ha disponible para el cultivo.

- Salvando el hecho de las moderadas pérdidas iniciales procedentes de la materia orgánica a causa de una fuerte precipitación nada más implantar el cultivo, la mayor parte del nitrato lixiviado se ha producido en el periodo intermedio del cultivo, de finales de diciembre a mediados de enero, reduciéndose bastante al final del ciclo a pesar de seguir con el mismo abonado. Ello es debido a que cuando las plantas están pequeñas, las aportaciones han sido mayores que lo que estas podían extraer, percolándose por lo tanto el nitrato sobrante. Los datos corroboran la importancia a de regular el abonado en función del ciclo de cultivo, es decir, de sincronizar bien los aportes y las extracciones.
- Un suelo con muy poca fertilidad puede recuperarla rápidamente, habiéndose visto que no era necesario el exceso de abonado que se realizó para no comprometer la viabilidad de la cosecha ante una intensa lluvia al principio del cultivo. Por el mismo motivo, un suelo salinizado es un factor a tener muy en cuenta a la hora de programar nuestro abonado, siendo uno de los factores destacados en el balance de nitratos.
- Se recolectó una media de 14 lechugas por m<sup>2</sup>, lo que equivale a un peso medio de lechugas deshojadas de 3,3 kg/m<sup>2</sup> o sea 33.000 kg de lechugas /ha para 140.000 piezas, datos muy comerciales. La producción de lechuga sin deshojar ha sido de 4,97 kg/m<sup>2</sup>, lo que equivale a 49.700 kg de biomasa/ha.

Los datos corroboran que la producción de lechuga ha sido la normal en el Campo de Cartagena y que aplicando los instrumentos que tenemos a nuestro alcance (calculadora de nitrógeno, dispositivos de control del riego) las pérdidas de nitratos son bajas; y nos han permitido conocer lo que se lixivia en las condiciones en las que hemos desarrollado nuestro cultivo, que sería un buen cultivo de la zona.

## 6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.

Se han realizado diversas actuaciones de divulgación, principalmente agricultores, técnicos e investigadores que han visitado la construcción de los dispositivos.

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.



Visita agricultores construcción lisímetros (30/06/2021).



Video sobre construcción de los lisímetros (27/08/2021).



Explicaciones sobre construcción de los lisímetros (27/08/2021 y 23/09/2021).







Visita investigadores IMIDA construcción lisímetros (20/09/2021 y 28/09/2021).



Reportaje técnico sobre instalación y dispositivos (20/01/2022)

