



PROPOSAL LIFE 16-ENV-ES-000341

“DESALINATED SEAWATER FOR ALTERNATIVE AND SUSTAINABLE SOILLESS CROP PRODUCTION”



“ANNUAL REPORT WITH RESULTS OF TREATMENT OF DRAINAGE WATER, INCLUDING MAIN SIGNIFICANT PARAMETERS”

ACCIÓN B2.3 “SETUP OF SUSTAINABLE IRRIGATION TREATMENTS. DRANAIGE TREATMENT AND REUTILIZATION”





RESUMEN

En este entregable se recogen los resultados del tratamiento de los drenajes del cultivo hidropónico durante los dos primeros ciclos de cultivo.

ABSTRACT

In this deliverable the results of the treatment of the drains of the hydroponic culture during the first two crop cycles are collected.



INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1 TRATAMIENTO DE AGUA DE DRENAJES DURANTE EL PRIMER CICLO DE CULTIVO	3
2 TRATAMIENTO DE AGUA DE DRENAJES DURANTE EL SEGUNDO CICLO DE CULTIVO	4
3 CONCLUSIONES	11
4 CONCLUSIONS	11



Aunque el presente entregable se incluye dentro de la acción B2, tal y como se propuso en la memoria aprobada del proyecto, se hace constar que se han utilizado horas de personal correspondientes a la acción B3 (Crop and soil response to treatments and set up of drainages quality) para su realización. En el cronograma la acción B2 acababa cuando finalizaba la instalación de la planta de tratamiento y por tanto en el presupuesto no se incluyeron las horas de personal para la operación de la misma en los ciclos de cultivo, sino que se incluyeron en la acción B3.

1 TRATAMIENTO DE AGUA DE DRENAJES DURANTE EL PRIMER CICLO DE CULTIVO

El riego del primer ciclo de cultivo comenzó el 10 de septiembre de 2018 y finalizó el 15 de febrero de 2019. Durante el primer ciclo de cultivo de tomate se estuvo trabajando en la puesta a punto y automatización de la planta piloto, dado que se encontraron algunos problemas que impidieron una operación continua y autónoma.

Hasta el final del ciclo no se consiguió una operación correcta de la planta. A pesar de ello, se consiguió tratar un volumen de 6,3 m³.

La forma de trabajar durante estos ciclos ha consistido en el llenado del tanque de alimentación (*Figura 1*) desde la arqueta de recogida de drenajes. Una vez lleno el tanque de alimentación se procede a tatar el agua, optimizando así el número de desplazamientos a la finca. El tiempo necesario para el tratamiento del tanque completo es de aproximadamente 4 horas.



Figura 1. Tanque de almacenamiento de drenajes lleno, antes del comienzo del tratamiento.



Durante la operación, se comienza trabajando con la fase de ultrafiltración (pretratamiento) del agua, almacenándola en el tanque de agua ultrafiltrada hasta conseguir un volumen aproximadamente de 1 m³, momento en el que se puede conectar la ósmosis inversa.

A continuación, se resumen los volúmenes de agua tratados durante el primer ciclo. Debido al poco caudal tratado durante este ciclo y a la falta de optimización, no se ha entrado en analizar la operación de la planta de tratamiento, lo cual se realizará en el siguiente apartado, con los datos del segundo ciclo de tomate.

Tabla 1. Resumen de caudales tratados durante el primer ciclo de tomate.

Total agua tratada (m ³)	6,3
Producción total de agua desalada (m ³)	2,9
Agua recuperada total (%)	46%
Agua consumida en limpieza de UF (m ³)	2,5
Agua consumida en limpieza de UF (%)	40%
Rechazo (m ³)	0,9
Rechazo (%)	14%

Durante el primer ciclo de tomate se trataron 6.3 m³ de agua procedente del drenaje del cultivo hidropónico de la parcela experimental. Del volumen total de agua tratada, 2.5 m³ se consumieron en el proceso de limpieza del proceso de UF (40%), y 3.8 m³ se trataron mediante ósmosis inversa para la obtención de agua producto para su reutilización en el riego agrícola.

El proceso de ósmosis inversa tuvo una conversión media del 76%, obteniendo un volumen total de agua desalada de 2.9 m³ (46% del agua tratada total) y un rechazo o salmuera de 0.9 m³ (14% del agua tratada total).

Los datos de operación de la UF y la ósmosis inversa se presentan analizados en profundidad a continuación, junto con los datos del segundo ciclo de tomate.

2 TRATAMIENTO DE AGUA DE DRENAJES DURANTE EL SEGUNDO CICLO DE CULTIVO

El riego del segundo ciclo de cultivo comenzó el 14 de marzo de 2019 y finalizó el 5 de julio de 2019.



El segundo ciclo de tomate ha estado marcado por numerosos fallos en el suministro eléctrico de la instalación fotovoltaica a la planta piloto de tratamiento de drenajes. El bajo consumo eléctrico de la planta piloto durante el almacenamiento de los drenajes producía que, por seguridad, el sistema de acumulación energética de la instalación fotovoltaica se desconectara, dejando sin tensión eléctrica a la planta piloto y, por tanto, sin alimentación a la bomba de recogida de drenajes. Esto hizo que, debido al fallo de esta bomba, se perdiera cierta cantidad de drenajes que no se ha podido cuantificar.

Tras varios intentos sin éxito de solucionar este problema entre la empresa fotovoltaica y Sacyr Agua, se decidió cambiar la alimentación eléctrica de la bomba de recogida de drenajes y conectarla directamente a la red eléctrica del invernadero, en lugar de a la planta piloto. Desde este cambio en la conexión no se ha producido ningún fallo en la alimentación eléctrica de la bomba y se han recogido todos los drenajes que han llegado hasta la arqueta de recogida de drenajes.

La forma de trabajar durante el segundo ciclo, al igual que en el primero, ha consistido en el almacenamiento de los drenajes en el tanque de alimentación y, una vez lleno, el equipo de Sacyr Agua se ha desplazado hasta Retamar para realizar el tratamiento de los drenajes.

A continuación, se resumen los volúmenes de agua tratados durante el segundo ciclo. A pesar de los continuos fallos eléctricos de la bomba de recogida de drenajes, se ha tratado un volumen total de drenajes de 25,2 m³.

Tabla 2. Resumen de caudales tratados durante el segundo ciclo de tomate.

Total agua tratada (m ³)	25,2
Producción total de agua desalada (m ³)	12,3
Agua recuperada total (%)	49%
Agua consumida en limpieza de UF (m ³)	8,1
Agua consumida en limpieza de UF (%)	32%
Rechazo (m ³)	4,8
Rechazo (%)	19%

Del volumen total de agua tratada, 8.1 m³ se consumieron en el proceso de limpieza del proceso de UF (32%), y 17.1 m³ (68%) se trataron mediante ósmosis inversa para la obtención de agua producto para su reutilización en el riego agrícola.

El proceso de ósmosis inversa tuvo una conversión media del 69%, obteniendo un volumen total de agua desalada de 12,3 m³ (49% del agua tratada total) y un rechazo o salmuera de 4.8 m³ (19% del agua tratada total).



Estos datos nos indican que, en primer lugar, es necesario seguir optimizando el proceso de UF para reducir al máximo el consumo de agua de limpieza y, en segundo lugar, aumentar la conversión de la ósmosis inversa hasta mínimo el 80%.

A continuación, se analiza en profundidad las distintas etapas del proceso:

Ultrafiltración.

Se ha trabajado con diferentes ciclos de filtración, variando el caudal (flujo) de filtración, así como la duración de la etapa de filtración, backwash y flushing.

Se ha trabajado con ciclos de filtración de 10, 15 y 30 min, tras el cual se realiza un backwash de la membrana (de 1 ó 5 min de duración) y un flushing para desplazar el agua de limpieza de la misma. La *Figura 2* muestra la evolución de la presión durante los ciclos de filtración. Durante la etapa de filtración y conforme se va filtrando el agua se van acumulando los sólidos en suspensión en la superficie de la membrana, produciendo un incremento de presión que se traduce en un incremento del consumo energético. Para eliminar este ensuciamiento se realiza un backwash una vez finalizada la etapa de filtración, que consiste en realizar una limpieza de la membrana a contracorriente. Este backwash se realiza con agua ultrafiltrada. A continuación, se realiza un flushing, también con agua ultrafiltrada, para desplazar el agua de limpieza que quede en el interior de la membrana antes de comenzar de nuevo la etapa de filtración.

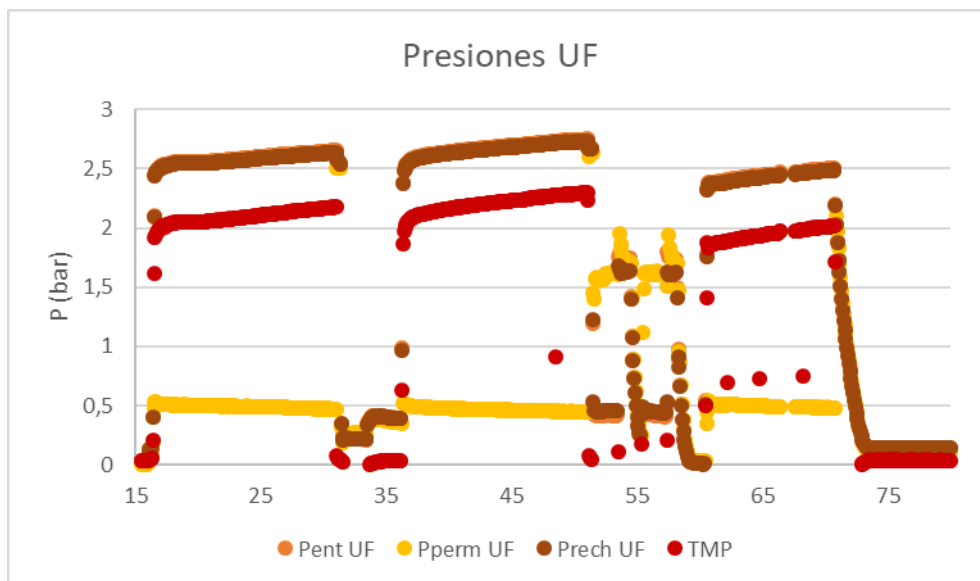


Figura 2. Tanque de almacenamiento de drenajes lleno, antes del comienzo del tratamiento.



Se está realizando un intenso trabajo de optimización del proceso de UF con el fin de definir una estrategia de limpieza eficaz (en términos de recuperación de la membrana) minimizando el consumo de agua en el mismo. Durante el segundo ciclo de tomate el 32% del agua ultrafiltrada se ha consumido en el proceso de limpieza de las membranas de UF, que significa un volumen muy importante. Uno de los principales objetivos durante el tercer ciclo es obtener un protocolo de limpieza eficaz, que minimice este consumo de agua.

Ósmosis Inversa.

El agua ultrafiltrada se almacena en el depósito correspondiente para alimentar el proceso de ósmosis inversa.

Los drenajes presentan una alta concentración de hierro y manganeso que podrían precipitar en el interior de la membrana. Para evitar esta incrustación es necesario dosificar un antiincrustante que impida la formación de los cristales en el interior de la membrana. El antiincrustante seleccionado para el tratamiento de los drenajes es Flocon 260, de BWA, con el que se puede llegar a alcanzar una conversión del 80% sin riesgo de precipitación.

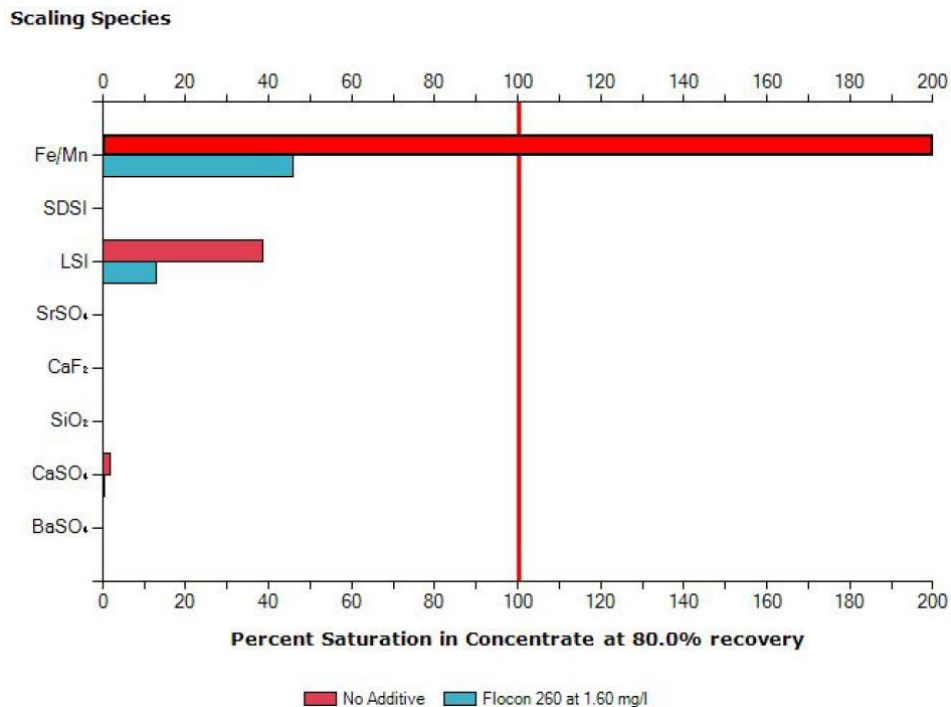


Figura 3. Resultados de la proyección de antiincrustante con Flocon 260.



Durante el segundo ciclo se ha trabajado en la ósmosis inversa con conversiones del 65-80%. Un incremento en la conversión produce una disminución del caudal de rechazo, obteniendo una mayor recuperación del agua a tratar. Sin embargo, el aumento de la conversión lleva asociado un incremento en la presión de alimentación necesaria para el proceso de ósmosis inversa, como se puede observar en la *Figura 5*.

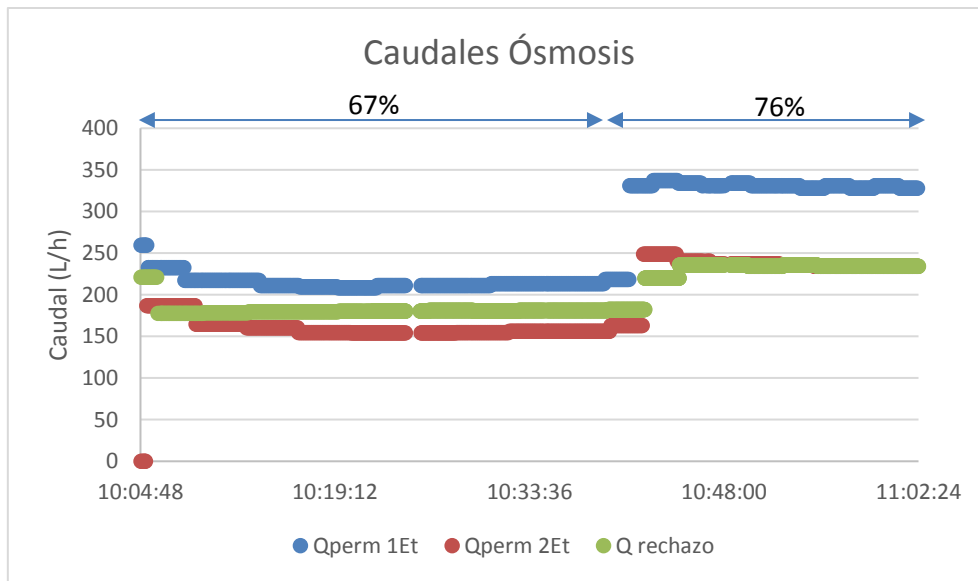


Figura 4. Cambio en los caudales de la ósmosis inversa al aumentar la conversión.

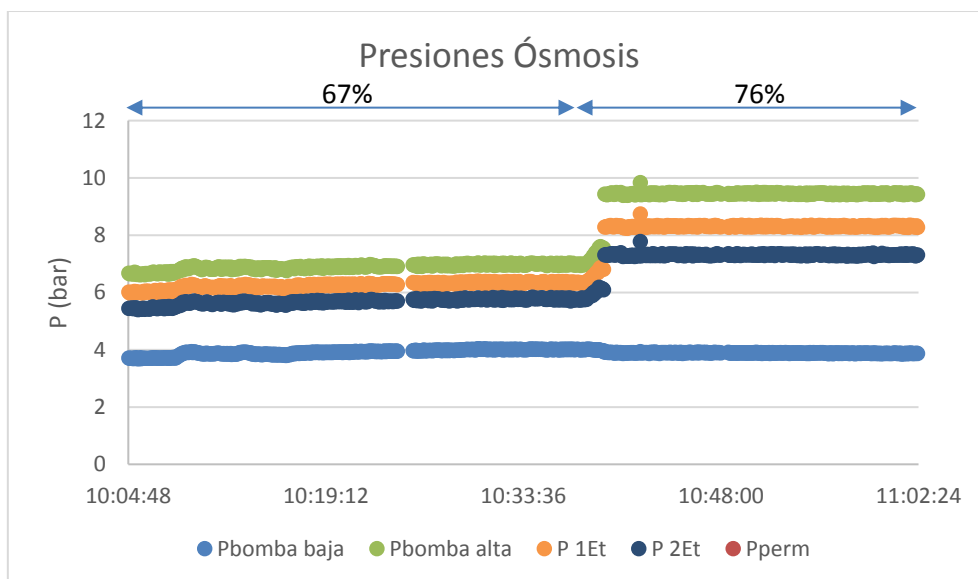




Figura 5. Cambio en las presiones de la ósmosis inversa al aumentar la conversión.

Calidad del agua

El drenaje presenta una elevada variación de su composición dependiendo del momento del riego y la época del año, como se puede observar en la *Tabla 3*. Presenta una importante variación en prácticamente todos los compuestos analizados, siendo los más relevantes el fosfato, el manganeso, el hierro, el cobre y el zinc, que producen ensuciamiento en la membrana.

Por ello, aunque en el proyecto no hay una partida específica para el análisis de los drenajes y el agua tratada en la planta piloto, durante el tercer ciclo se realizarán distintas analíticas para estudiar la evolución de la calidad del agua durante todo el ciclo.

Tabla 3. Composición del drenaje en distintos momentos del ciclo.

	may-19	sep-18
pH	8,44	6,67
CE (dS/m)	3,61	2,61
Cl ⁻ (ppm)	581,0	359,4
NO ₃ ⁻ (ppm)	< 2 ppm	398,1
SO ₄ ²⁻ (ppm)	799,7	123,0
HPO ₄ ²⁻ (ppm)	< 3 ppm	137,5
Na ⁺ (ppm)	405,2	207,4
Mg ²⁺ (ppm)	125,8	11,2
K ⁺ (ppm)	231,4	433,8
Ca ²⁺ (ppm)	35,8	10,2
B (ppb)	2241	1103,2
Mn (ppb)	1,0	137,3
Fe (ppb)	0,0	417,5
Cu (ppb)	22,7	66,1
Zn (ppb)	0,8	708,9

En la *Tabla 4* se muestran los resultados de la analítica realizada en las corrientes principales del proceso: drenajes, agua ultrafiltrada o pretratada, así como permeado y rechazo de la ósmosis inversa. Como puede observarse, con la línea de tratamiento adoptada se obtiene un permeado de excelente calidad, con una conductividad de 82 μ S/cm. Destaca la concentración de boro obtenida, de 947 ppb, la cual se encuentra muy próxima a la máxima recomendada para el riego de cultivos sensibles (1 mg/L). Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en una instalación



agrícola, esta corriente de agua tratada se diluiría en gran medida con el agua de riego, por lo que no produciría ningún efecto negativo sobre el cultivo.

Tabla 4. Resultados analíticas de las principales corrientes del proceso.

	Drenajes	Agua pretratada	Permeado ósmosis	Rechazo ósmosis
pH	8,44	10,1	9,56	9,16
CE (dS/m)	3,61	3,62	0,0827	8,02
Cl ⁻ (ppm)	581,0	587,9	12,1	1381,2
NO ₃ ⁻ (ppm)	< 2 ppm	< 2 ppm	< 2 ppm	37,771
SO ₄ ²⁻ (ppm)	799,7	825,7	< 4 ppm	1857,1
HPO ₄ ²⁻ (ppm)	< 3 ppm	< 3 ppm	< 3 ppm	< 3 ppm
Na ⁺ (ppm)	405,2	412,4	10,5	963,6
Mg ²⁺ (ppm)	125,8	124,5	0,4	293,6
K ⁺ (ppm)	231,4	235,0	9,0	562,6
Ca ²⁺ (ppm)	35,8	35,5	0,4	85,7
B (ppb)	2241	1869	947	3383
Mn (ppb)	1,0	0,2	0,0	2,3
Fe (ppb)	0,0	0,0	0,0	33,7
Cu (ppb)	22,7	22,8	0,0	52,4
Zn (ppb)	0,8	0,0	0,0	10,7

Finalmente, se muestra a continuación los resultados microbiológicos del permeado en los que, como era de esperar, se obtiene que el agua tratada en el proceso de ósmosis inversa está libre de patógenos y es apta para riego.



3 CONCLUSIONES

Pese a los fallos eléctricos sufridos en la planta piloto durante el segundo ciclo de tomate, se ha tratado un volumen total de drenajes de 25.2 m³, obteniendo 12.3 m³ de agua de permeado, con una excelente calidad para su reutilización en el riego agrícola.

Durante el tercer ciclo de cultivo los principales objetivos serán los de optimizar el proceso de UF para minimizar el consumo de agua de lavado, así como incrementar la conversión del proceso de ósmosis inversa para aumentar la recuperación del agua tratada.

Finalmente, dado que la composición de los drenajes varía a lo largo del ciclo de riego, durante el nuevo ciclo se hará un seguimiento para estudiar su variación y adoptar los parámetros de funcionamiento de la planta piloto en función de la calidad del agua a tratar.

Se va a realizar una analítica completa (iónica) del agua de drenajes (agua bruta, ultrafiltrada, permeado y rechazo) para poder caracterizar correctamente el proceso. Esta caracterización se realizará una vez al mes, para poder estudiar la evolución a lo largo del ciclo de cultivo y efecto de las diferencias de fertilización sobre la calidad del drenaje producido y de ésta sobre el desarrollo del proceso de tratamiento.

4 CONCLUSIONS

Despite the electrical failures suffered in the pilot plant during the second cycle, a total volume of drains of 25.2 m³ was treated, obtaining 12.3 m³ of permeate water, with excellent quality for its reuse in agricultural irrigation.

During the third cycle of cultivation the main objectives will be to optimize the UF process to minimize the consumption of washing water, as well as increase the conversion of the reverse osmosis process to increase the recovery of treated water.

Finally, since the drainage composition varies throughout the irrigation cycle, during the new cycle a follow-up of the drainage composition will be carried out to study their variation and adopt the operating parameters of the pilot plant depending on the quality of the water to be treated.

A complete (ionic) analysis of the drainage water (raw water, ultrafiltered, permeate and concentrate) will be carried out in order to characterize properly the treatment process. This characterization will be carried out once a month, to study the evolution throughout the crop growth cycle and the effect of fertilization pattern on the quality of produced drainage and on the treatment process performance.