

## Uso de cobertura vegetal y agua salina en la producción de lechuga

Huespe, Daiana Susana <sup>1</sup> , Galantini, Juan Alberto <sup>2,3</sup>  y Álvarez, Cristian <sup>4</sup> 

1 Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural Guatraché, La Pampa, Argentina  
2 Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Buenos Aires, Argentina  
3 Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS)  
4 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural General Pico, La Pampa, Argentina  
@ huespe.daiana@inta.gov.ar

Recibido: 11/07/2024  
Aceptado: 12/12/2024

**Resumen.** El uso de agua salina tiene efectos adversos sobre la productividad de los cultivos. El objetivo de este estudio fue cuantificar cómo la cobertura vegetal (mulching) puede modificar los efectos adversos del agua salina sobre el cultivo de lechuga en dos suelos característicos de la Región Semiárida Pampeana. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, se analizó un suelo arenoso y otro franco arenoso. Los tratamientos fueron con cobertura vegetal (CCV) y sin ella (SCV). Se regó con agua con conductividad eléctrica de 1,0 (baja salinidad); 1,5 y 2,0 (alta salinidad)  $\text{dS m}^{-1}$ . Se aplicó una dosis de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  usando una combinación de urea y abono orgánico (40:60). Se evaluó el cultivo de lechuga en macetas durante cuatro ciclos consecutivos en los años 2020 y 2021, con cinco repeticiones en cada ciclo. Se determinó la productividad: materia seca total ( $\text{MS}_T$ ), aérea ( $\text{MS}_A$ ) y de raíces ( $\text{MS}_R$ ). Se calculó la  $\text{MSt}$  acumulada ( $\text{MSt}_{\text{TAC}}$ ), la relación  $\text{MS}_A/\text{MS}_R$ , la eficiencia de uso del agua (EUA) y la tasa de crecimiento (TC). Se presentan los datos del cuarto ciclo de cultivo. El estudio confirma el efecto negativo del agua con alta salinidad sobre la  $\text{MSt}$  en ambos suelos, con pérdidas significativas en la productividad de lechuga. En el suelo arenoso con agua de  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  y CCV el rendimiento fue de  $1416 \text{ kg ha}^{-1}$  con pérdidas del 17 % respecto a los tratamientos regados con agua de  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ , mientras que SCV fue de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  con pérdidas del 100 %. El efecto de la salinidad y de la cobertura vegetal en el cultivo de lechuga depende de la textura del suelo siendo su efecto mayor en el suelo franco arenoso. El uso de cobertura vegetal mejoró la EUA, en un 90 % en el suelo arenoso y en un 56 % en el suelo franco arenoso.

**Palabras clave:** mulching; textura; calidad de agua.

**Abstract. Use of residue cover and saline water in lettuce production.** The use of saline water has adverse effects on crop productivity. The objective of this study was to quantify how plant cover (mulching) can modify the adverse effects of saline water on lettuce cultivation in two characteristic soils of the Pampas Semiárid Region. The statistical design was completely randomized a sandy soil and a sandy loam soil were analyzed. The treatments were with plant cover (CCV) and without it (SCV). Irrigation was carried out with water with an electrical conductivity of 1.0 (low salinity); 1.5 and 2.0 (high salinity)  $\text{dS m}^{-1}$ . A dose of  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  was applied using a combination of urea and organic fertilizer (40:60). The lettuce crop was evaluated during four consecutive cycles during the years 2020 and 2021, with five repetitions in each cycle. Productivity was determined: total dry matter ( $\text{MS}_T$ ), aboveground ( $\text{MS}_A$ ) and root ( $\text{MS}_R$ ). Accumulated  $\text{MSt}$  ( $\text{MSt}_{\text{TAC}}$ ), the  $\text{MS}_A/\text{MS}_R$  ratio, water use efficiency (EUA) and growth rate (TC) were calculated. Data from the fourth crop cycle are presented. The study confirms the negative effect of water with high salinity on  $\text{MS}_T$  in both soils, with significant losses in lettuce productivity. In the sandy soil with  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$  water and CCV the yield was  $1416 \text{ kg ha}^{-1}$  with losses of 17 % compared to the treatments irrigated with  $2.0 \text{ dS m}^{-1}$  water, while SCV was  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  with losses of 100 %. The effect of salinity and mulch on lettuce cultivation depends on soil texture, with the greatest effect on sandy loam soil. The use of residue cover improved EUA by 90 % in sandy soil and by 56 % in sandy loam soil.

**Key words:** mulching; texture; water quality.

### INTRODUCCIÓN

La adecuada gestión de los recursos hídricos es fundamental para el desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles. El agua de riego por su escasez, desbalance entre oferta y demanda, y por su calidad representan amenazas crecientes para la seguridad alimentaria y la nutrición, con impacto en los sistemas alimentarios (FAO, 2020). La agricultura, que depende en un 95 % del suministro de agua, constituye el 72 % de las extracciones mundiales de agua dulce (FAO, 2020). Mejorar la gobernanza del agua es crucial para lograr la sostenibilidad a largo plazo en la

*Cómo citar este trabajo:*

Huespe, D. S., Galantini, J. A. y Álvarez, C. (2025). Uso de cobertura vegetal y agua salina en la producción de lechuga. *Semiárida*, 35(1), 55-63.

gestión y el uso de los recursos hídricos, así como para desarrollar sistemas agroalimentarios más eficaces, estables y equitativos (FAO, 2023). Asimismo, la actividad humana ejerce una gran presión sobre el suelo, donde la sobreexplotación y las alteraciones en la cobertura son los factores más relevantes relacionados con la influencia humana en el proceso erosivo (Lense et al., 2021). Por lo cual, el uso eficiente de los recursos e insumos es un aspecto relevante para el manejo agronómico porque tiene implicancias en la rentabilidad de los cultivos y, sobre todo, en la calidad del ambiente (Andrade et al., 2017). Las técnicas de preservación del suelo y agua incluyen medidas agronómicas, de ingeniería y enfoques biológicos, destacándose la cobertura vegetal por su bajo costo y rápida acción para controlar la erosión edáfica (Keesstra et al., 2019; Li et al., 2021). El cultivo y los rastrojos cubren el suelo, reduciendo las pérdidas por evaporación directa y aumentando la retención de agua y la protección contra la erosión (Silva et al., 2015). Además, influye en características del microclima como la temperatura del aire y del punto de rocío (Wang et al., 2018), sus variaciones y la cantidad de residuos afectan varias propiedades edáficas relacionadas con la dinámica del agua, el ciclado de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. La cobertura del suelo protege contra la radiación solar directa, aumentando el balance de carbono y la protección del suelo (Galantini y Sa Pereira, 2018). El uso de coberturas vegetales influye en la humedad edáfica al reducir la evaporación y aumentar la disponibilidad de agua para los cultivos, limitando el aumento de la salinidad y sodicidad del suelo, con efectos positivos en la estructura microbiológica, la fertilidad (Buyer et al., 2017; Zribi et al., 2011) y la macrofauna del suelo (Mihelič et al., 2021; Novara et al., 2021; Roarty et al., 2017). Sin embargo, en muchas ocasiones se utiliza cobertura del suelo menor a la establecida por la bibliografía como necesaria para considerarla agricultura de conservación (30 %) (López et al., 2015). La cobertura orgánica al descomponerse libera nutrientes que aumentan la fertilidad y la biodiversidad edáfica, reduciendo las fluctuaciones de temperatura y humedad (Zhang et al., 2020). El alto contenido de sales en el agua de riego es una de las principales causas de salinización de los suelos, razón por la cual la irrigación se debe planificar y realizar un balance óptimo de sales en la zona radical (Rodríguez et al., 2020). Asimismo, la cobertura del suelo reduce la salinidad en superficie, incrementa la infiltración y reduce la pérdida de agua del sistema (Álvarez et al., 2023). Esto minimiza la erosión del suelo y mejora su porosidad, contribuyendo así a su salud y estabilidad (Mulumba y Lal, 2008). Por lo cual, el uso de la cobertura implica menor necesidad de aplicar agua al cultivo y contribuye a disminuir la huella hídrica. El objetivo de este estudio fue cuantificar el efecto del uso de cobertura vegetal y distintas calidades de agua de riego sobre la eficiencia en el uso del agua y la productividad del cultivo de lechuga en dos suelos de la región semiárida pampeana.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la huerta demostrativa de la Agencia de extensión rural INTA General Acha, La Pampa, Argentina ( $37^{\circ}36'44,381''$   $64^{\circ}56'64,995''$ ), Km 28 RN 152. Se evaluaron cuatro ciclos consecutivos de lechuga en macetas de 1,2 kg con cinco repeticiones, durante los años 2020 y 2021. Se presentan los datos del cuarto ciclo de cultivo, para analizar el efecto acumulado. Los tratamientos fueron calidad del agua de riego, con conductividad eléctrica (CE) de 1,0  $\text{dS m}^{-1}$  considerada baja por ser más adecuada a los cultivos; 1,5 (salinidad intermedia) y 2,0  $\text{dS m}^{-1}$  considerada alta para la zona, con cobertura vegetal (CCV) y sin ella (SCV). Se aplicó una dosis uniforme de 100  $\text{kg N ha}^{-1}$  usando una combinación de urea (40  $\text{kg N ha}^{-1}$ ) y abono orgánico (60  $\text{kg N ha}^{-1}$ ) al momento del trasplante. Se seleccionaron dos suelos característicos de la región, uno arenoso, recolectado en el establecimiento rural “Colonia Lía” en General Acha y el otro franco arenoso, recolectado en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria “Ing. Agr. Guillermo Covas” Anguil de INTA. Se caracterizaron los suelos en estudio, en la profundidad 0-20 cm, los valores de MO fueron de 1,40 % en el suelo arenoso y 2,40 % en el suelo franco arenoso. El pH fue de 7,1 para el suelo arenoso y de 6,6 para el suelo franco arenoso y la CE fue de 0,70  $\text{dS m}^{-1}$  para ambos suelos. En cada maceta se agregó 150 g (1500  $\text{kg ha}^{-1}$ ) de materia seca (centeno) como

cobertura vegetal (CCV). Los tratamientos sin cobertura (SCV) tuvieron el suelo desnudo. El día 19 de octubre del 2021 se realizó el trasplante del cuarto ciclo de lechuga, sobre los suelos que habían tenido los mismos tratamientos previos, y se le aplicó una lámina de riego de 560 mm durante el desarrollo del cultivo (25 días). Se analizaron diversos parámetros relacionados a la productividad del cultivo de lechuga, entre ellos se cuantificó: la materia seca total ( $MS_T$ ), aérea ( $MS_A$ ) y de raíces ( $MS_R$ ). Se calculó la relación  $MS_A/MS_R$ . Se midió el % de cobertura aérea mediante la aplicación CANOPEO. Además, se analizó la eficiencia de uso del agua (EUA,  $kg\ MS\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ), la cual se puede definir como el rendimiento de un cultivo por unidad de agua utilizada, la tasa de crecimiento (TC,  $kg\ MS\ ha^{-1}\ día^{-1}$ ) y la  $MS_T$  acumulada ( $MS_{TAC}$ ,  $kg\ MS\ ha^{-1}$ ) con las siguientes ecuaciones:

$$EUA\ (kg^{-1}MS\ ha^{-1}mm^{-1}) = MS_T\ A^{-1}$$

donde:  $MS_T$ : producción de materia seca total a cosecha (hojas y raíces) ( $kg\ MS\ ha^{-1}$ ); A: agua aplicada con el riego durante el ciclo del cultivo (mm).

$$TC\ (kg^{-1}MS\ ha^{-1}día^{-1}) = MS_T\ D^{-1}$$

donde: TC: tasa de crecimiento ( $kg\ MS\ día^{-1}$ ); D: días.

$$MS_{TAC}\ (kg^{-1}MS\ ha^{-1}) = MS_T\ ciclo\ 1 + MS_T\ ciclo\ 2 + MS_T\ ciclo\ 3 + MS_T\ ciclo\ 4$$

donde:  $MS_{TAC}$ : materia seca total acumulada ( $kg\ MS\ ha^{-1}$ ).

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, con 5 repeticiones. Los datos se presentan como medias en cada uno de los suelos. Las diferencias en los resultados obtenidos afectados por las diferentes calidades de agua, así como la interacción entre ellos, se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación de medias de tratamientos fue analizada por el Test de Fisher utilizando un nivel de significancia del  $\alpha \leq 5\ %$ . El análisis estadístico se realizó con el software INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020).

## RESULTADOS

### *Productividad del cultivo*

En relación al análisis de la productividad del cultivo de lechuga, se encontró una interacción significativa entre los suelos ( $p \leq 0,05$ ), motivo por el cual fueron analizados por separado (Tabla 1 y 2).

### *Efecto de la salinidad del agua*

#### *Suelo arenoso*

El uso de agua con alta salinidad presentó efecto negativo con diferencias significativas en la  $MS_T$  entre los tratamientos que recibieron agua de CE  $1,0\ dS\ m^{-1}$  respecto a los tratamientos con agua  $1,5$  y  $2,0\ dS\ m^{-1}$ . El valor potencial obtenido en el suelo arenoso con la aplicación del agua de baja salinidad y el tratamiento CCV fue de  $1416\ kg\ ha^{-1}$  con una disminución del rendimiento cuando se regó con agua de  $2,0\ dS\ m^{-1}$ , mientras que, el tratamiento SCV obtuvo un valor máximo de  $420\ kg\ ha^{-1}$  cuando se regó con agua de baja salinidad y las pérdidas fueron totales cuando se regó con agua de alta salinidad (Tabla 1).

#### *Suelo franco arenoso*

El uso de agua con alta salinidad presentó un efecto negativo con diferencias estadísticas en la  $MS_T$  entre los tratamientos que recibieron agua con CE de  $1,0\ dS\ m^{-1}$  respecto a  $1,5$  y  $2,0\ dS\ m^{-1}$ . El valor potencial obtenido con el tratamiento CCV con agua de baja salinidad fue de  $1068\ kg\ ha^{-1}$ , mientras que el valor obtenido con el tratamiento SCV al igual que sucedió en el suelo de textura gruesa fue inferior con un valor de  $750\ kg\ ha^{-1}$  (Tabla 2).

En contraste con el suelo arenoso, en el suelo franco arenoso sin cobertura disminuyó la productividad del 81 % a causa del uso de agua con alta salinidad. Esto resalta que el impacto de la aplicación de agua con alta salinidad fue significativamente mayor en el suelo arenoso en

comparación con el suelo franco arenoso, enfatizando la diferencia marcada en términos de textura del suelo (Tabla 2).

### Efecto de la cobertura vegetal

#### Suelo arenoso

Se observaron diferencias altamente significativas por efecto del uso de cobertura vegetal en los tres tratamientos regados con agua de diferente calidad en las variables relacionadas al rendimiento del cultivo ( $MS_T$ ,  $MS_A$ ,  $MS_R$ ,  $MS_A/MS_R$  y  $MS_{TAC}$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Productividad del cultivo de lechuga y efecto de la cobertura vegetal en un suelo arenoso al cuarto ciclo de lechuga con diferente calidad de agua, con y sin cobertura vegetal.

**Table 1.** Productivity of lettuce cultivation and effect of plant cover in a sandy soil at the fourth lettuce cycle with different water quality, with and without plant cover.

Arenoso	CCV			SCV			Efecto de Cobertura		
	CE1,0	CE1,5	CE2,0	CE1,0	CE1,5	CE2,0	CE1,0	CE1,5	CE2,0
$MS_T$ (kg ha <sup>-1</sup> )	1416 a	1090 a	1163 a	420 B	0 A	0 A	***	***	***
$MS_A$ (kg ha <sup>-1</sup> )	775 a	603 a	728 a	268 B	0 A	0 A	***	***	***
$MS_R$ (kg ha <sup>-1</sup> )	641 b	486 a	435 a	151 B	0 A	0 A	***	***	***
$MS_A/MS_R$	1,21 a	1,24 a	1,67 b	1,77 B	0 A	0 A	ns	***	***
$MS_{TAC}$	8401 a	6998 b	5356 c	5463 B	4033 A	3520 A	***	***	**
% Canopeo	57,5 a	50,9 a	55,6 a	27,6 B	7,87 A	0 A	**	**	***
TC ( $MS_T$ kg día <sup>-1</sup> )	68 a	52,3 a	55,8 a	20,2 B	0 A	0 A	***	***	***
EUA ( $MS_T$ kg mm <sup>-1</sup> )	3,04 a	2,34 a	2,49 a	0,9 B	0 A	0 A	***	***	***

$MS_T$ ,  $MS_A$ ,  $MS_R$ , materia seca total, aérea y de raíz expresada en kg ha<sup>-1</sup>.  $MS_{TAC}$ , materia seca total acumulada en kg ha<sup>-1</sup>. TC, tasa de crecimiento. EUA, eficiencia de uso del agua. CCV, con cobertura vegetal; SCV, sin cobertura vegetal. CE1,0, calidad de agua con conductividad eléctrica de 1,0 dS m<sup>-1</sup>; CE1,5 calidad de agua con conductividad eléctrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup> y CE2,0, calidad de agua con conductividad eléctrica de 2,0 dS m<sup>-1</sup>. Diferencias por efecto del agua salina se presentan por letras minúsculas diferentes en los tratamientos CCV y letras mayúsculas en los tratamientos SCV. Letras diferentes significan diferencias significativas (p<0,05). (\*\*\*), (\*\*), (\*) y ns indican efectos significativos al 0,05; 0,01; 0,001 y no significativo respectivamente.

$MS_T$ ,  $MS_A$ ,  $MS_R$ , total dry matter, aboveground and root expressed in kg ha<sup>-1</sup>.  $MS_{TAC}$ , total dry matter accumulated in kg ha<sup>-1</sup>. TC, growth rate. EUA, water use efficiency. CCV, with vegetation cover; SCV, without vegetation cover. CE1,0, water quality with electrical conductivity of 1.0 dS m<sup>-1</sup>; CE 1.5 water quality with electrical conductivity of 1.5 dS m<sup>-1</sup> and CE2.0, water quality with electrical conductivity of 2.0 dS m<sup>-1</sup>. Differences due to the effect of saline water are presented by different lowercase letters in the CCV treatments and capital letters in the SCV treatments. Different letters mean significant differences (p<0.05). (\*\*\*), (\*\*), (\*) and ns indicate significant effects at 0.05; 0.01; 0.001 and not significant respectively.

El efecto del uso de cobertura vegetal se observó con un impacto positivo en la EUA, registrando tres veces más producción en los tratamientos CCV (3,04) en comparación con los tratamientos SCV (0,90) cuando se regó con agua de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. Se obtuvo una TC máxima de 68 kg  $MS_T$  ha<sup>-1</sup> en el tratamiento CCV regado con agua de baja salinidad, mientras que el valor máximo obtenido para los tratamientos SCV con la misma calidad de agua fue de 20 kg  $MS_T$  ha<sup>-1</sup>.

Respecto a la  $MS_{TAC}$  se obtuvo valores máximos de 8401 kg  $MS_T$  ha<sup>-1</sup> con el tratamiento CCV y de 5463 kg  $MS_T$  ha<sup>-1</sup> en los tratamientos SCV. El uso de agua con alta salinidad tuvo un efecto negativo con diferencias significativas en la  $MS_{TAC}$  en comparación con los tratamientos con agua de baja salinidad. En los tratamientos CCV no se observaron diferencias significativas en la variable canopeo, con un valor promedio del 54 %, mientras que en los tratamientos SCV se evidenció un efecto negativo al regar con agua de alta salinidad, con una disminución del 71 % en el tratamiento con agua de salinidad intermedia y del 100 % en el tratamiento con el agua más salina. En los tratamientos CCV no se registró un efecto negativo por el uso de agua de alta salinidad, mientras que, en los tratamientos SCV hubo un efecto adverso por la salinidad. En el suelo arenoso el uso de cobertura vegetal demostró pérdidas de la  $MS_T$  debido al uso de agua con alta salinidad, más pronunciada en la parte de raíces en comparación con la parte aérea, mientras que en los

tratamientos SCV, se registró una pérdida total en las variables relacionadas con el rendimiento. En el suelo franco arenoso el uso de cobertura vegetal evidenció pérdidas similares por el uso de agua con alta salinidad en la parte de raíces respecto a la parte aérea sin diferencias significativas entre calidades de agua utilizadas. En cambio, en los tratamientos SCV las pérdidas fueron mayores en la parte aérea cuando se regó con agua de 2,0 dS m<sup>-1</sup>. Mientras que, a largo plazo, el uso de agua con alta salinidad afecta en mayor medida a la MS<sub>TAC</sub> en el suelo de textura gruesa.

**Suelo franco arenoso**

Se observaron diferencias significativas por efecto del uso de cobertura vegetal en los tratamientos regados con agua de intermedia y alta salinidad en las variables MS<sub>T</sub> y MS<sub>R</sub>. Mientras que, en la variable MS<sub>A</sub> las diferencias estadísticas se observaron para las tres calidades de agua evaluadas. El uso de cobertura vegetal atenuó el efecto negativo por el uso de agua con alta salinidad (Tabla 2).

**Tabla 2.** Productividad del cultivo y efecto de la cobertura vegetal en el suelo franco arenoso al cuarto ciclo de lechuga con diferente calidad de agua, con y sin cobertura vegetal.

**Table 2.** Crop productivity and effect of plant cover in sandy loam soil at the fourth lettuce cycle with different water quality, with and without plant cover.

Franco arenoso	CCV			SCV			Efecto de Cobertura		
	CE1,0	CE1,5	CE2,0	CE1,0	CE1,5	CE2,0	CE1,0	CE1,5	CE2,0
MS <sub>T</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	1068 b	750 a	758 ab	731 B	341 A	138 A	ns	**	**
MS <sub>A</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	720 b	471 a	523 a	466 C	256 B	82 A	**	***	**
MS <sub>R</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	348 a	278 a	235 a	265 B	85 A	57 A	ns	*	*
MS <sub>A</sub> /MS <sub>R</sub>	2,68 a	2,28 a	2,33 a	1,84 B	3,13 C	0,29 A	ns	ns	**
MS <sub>TAC</sub>	6320 a	4441 a	4766 a	6938 B	4458 A	5020 A	ns	ns	ns
% Canopeo	54,3 a	48,2 a	48,4 a	47,4 B	16,9 A	6 A	ns	***	***
TC (kg MS <sub>T</sub> día <sup>-1</sup> )	51,2 b	36 a	36,4 ab	35,1 B	16,4 A	6,6 A	ns	**	**
EUA (kg MS <sub>T</sub> mm <sup>-1</sup> )	2,29 b	1,61 a	1,63 ab	1,57 B	0,73 A	0,3 A	ns	**	**

MS<sub>T</sub>, MS<sub>A</sub>, MS<sub>R</sub>, materia seca total, aérea y de raíz expresada en kg ha<sup>-1</sup>. MS<sub>TAC</sub>, materia seca total acumulada en kg ha<sup>-1</sup>. TC, tasa de crecimiento. EUA, eficiencia de uso del agua. CCV, con cobertura vegetal; SCV, sin cobertura vegetal. CE1,0, calidad de agua con conductividad eléctrica de 1,0 dS m<sup>-1</sup>; CE1,5 calidad de agua con conductividad eléctrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup> y CE2,0, calidad de agua con conductividad eléctrica de 2,0 dS m<sup>-1</sup>. EC, Efecto de la cobertura vegetal. Diferencias por efecto del agua salina se presentan por letras minúsculas diferentes en los tratamientos CCV y letras mayúsculas en los tratamientos SCV. Letras diferentes significan diferencias significativas (p<0,05). (\*\*\*), (\*\*), (\*) y ns indican efectos significativos al 0,05; 0,01; 0,001 y no significativo respectivamente.

MS<sub>T</sub>, MS<sub>A</sub>, MS<sub>R</sub>, total dry matter, aboveground and root expressed in kg ha<sup>-1</sup>. MS<sub>TAC</sub>, total dry matter accumulated in kg ha<sup>-1</sup>. TC, growth rate. EUA, water use efficiency. CCV, with vegetation cover; SCV, without vegetation cover. CE1,0, water quality with electrical conductivity of 1.0 dS m<sup>-1</sup>; CE1,5 water quality with electrical conductivity of 1.5 dS m<sup>-1</sup> and CE2,0, water quality with electrical conductivity of 2.0 dS m<sup>-1</sup>. Differences due to the effect of saline water are presented by different lowercase letters in the CCV treatments and capital letters in the SCV treatments. Different letters mean significant differences (p<0.05). (\*\*\*), (\*\*), (\*) and ns indicate significant effects at 0.05; 0.01; 0.001 and not significant respectively

En cuanto a la relación MS<sub>A</sub>/MS<sub>R</sub> se observó un valor máximo de 2,68 en el tratamiento con agua de baja salinidad y un valor mínimo de 2,33 con el tratamiento de agua de alta salinidad, sin diferencias significativas entre calidades de agua utilizadas, indicando pérdidas similares en la parte de raíces respecto a la parte aérea. Los tratamientos SCV evidenciaron pérdidas en la MS<sub>T</sub> del 81% siendo disminuciones similares entre la biomasa de raíces y la aérea, por lo cual la relación MS<sub>A</sub>/MS<sub>R</sub> tuvo similar comportamiento en la biomasa radicular y aérea cuando se regó con agua de intermedia salinidad, mientras que con alta salinidad el efecto negativo fue más notorio en la parte aérea (Tabla 2). Además, el uso de agua con alta salinidad no presentó diferencias significativas en la MS<sub>TAC</sub> entre los tratamientos que recibieron agua de CE 1,0; 1,5 y 2,0 dS m<sup>-1</sup>, sin embargo, el valor de pérdida fue de 29 % en el tratamiento CCV y del 35 % en el tratamiento SCV cuando se utilizó agua de salinidad intermedia respecto al uso de agua de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. En los tratamientos CCV no hubo diferencias significativas en la variable canopeo y el valor promedio fue

de 50 %, mientras que, en los tratamientos SCV se evidencio un efecto negativo al regar con agua de alta salinidad con una disminución del 87 %. El efecto adverso del agua con alta salinidad se vio reflejado en la EUA y la TC, ya que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con agua de 1,0 dS m<sup>-1</sup> respecto a los tratamientos regados con 1,5 y 2,0 dS m<sup>-1</sup> en los tratamientos con y sin cobertura vegetal. En cuanto al efecto del uso de cobertura vegetal, en este suelo al igual que en el suelo arenoso, se observó mayor EUA en los tratamientos CCV en comparación a los tratamientos SCV. Los valores máximos obtenidos fueron de 2,29 kg MS<sub>T</sub> mm<sup>-1</sup> en los tratamientos CCV y de 1,57 kg MS<sub>T</sub> mm<sup>-1</sup> en los tratamientos SCV, con agua de baja salinidad. En cuanto a la TC el valor máximo para los tratamientos que recibieron agua con CE 1,0 dS m<sup>-1</sup> fue de 51 kg MS<sub>T</sub> día<sup>-1</sup> CCV y de 35 kg MS<sub>T</sub> día<sup>-1</sup> en los tratamientos SCV (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Para ambos tipos de suelo, el uso de agua de alta salinidad mostró un impacto negativo en el rendimiento, con diferencias significativas en la materia seca total (MS<sub>T</sub>). Estudios previos han evidenciado la sensibilidad de la lechuga a la salinidad, con un umbral óptimo de 1,8 dS m<sup>-1</sup>; a partir de este valor, han reportado una disminución del 8 % en el rendimiento relativo por cada unidad adicional de salinidad y un 22 % por cada unidad por debajo de este nivel (Kurunc, 2021). En este estudio, el rendimiento disminuyó un 20 % por cada incremento de 0,5 en la salinidad. Además, un análisis sobre el uso de agua salina indica que la salinidad del suelo afecta el rendimiento de la lechuga cuando supera los 1,1 dS m<sup>-1</sup>, provocando una reducción del 9 % por cada unidad adicional de salinidad (Uenluekara et al., 2008). Otro estudio, observó que un gradiente salino de 1 a 8 dS m<sup>-1</sup> causó una notable reducción en el rendimiento entre 1,0 y 2,0 dS m<sup>-1</sup>, una disminución moderada entre 2,0 y 5,0 dS m<sup>-1</sup>, y un rendimiento bajo y casi constante entre 5,0 y 8,0 dS m<sup>-1</sup> (Beltrão et al., 1996), en línea con los resultados de este trabajo.

En este estudio, la cobertura vegetal mostró un efecto positivo en el rendimiento, especialmente en suelos de textura gruesa y bajo riego con alta salinidad. Con cobertura vegetal, la pérdida de materia seca total fue del 17 % debido al uso de agua salina, siendo más acentuada en la raíz (32%) en comparación con la parte aérea (6 %). En los tratamientos sin cobertura vegetal se registró una pérdida del 100 % en las variables de rendimiento. Los cultivos responden de manera diversa a la salinidad según su umbral de estrés y la textura del suelo. La aplicación de carbono biológico ha demostrado ser eficaz en diferentes texturas, manteniendo el rendimiento incluso con agua de riego de alta salinidad (Yaganoglu et al., 2023), lo que podría explicar las diferencias observadas entre los suelos evaluados en este trabajo.

En el suelo arenoso, la comparación entre los tratamientos con agua de 2,0 dS m<sup>-1</sup> y agua de baja salinidad mostró pérdidas del 36% en los tratamientos con cobertura vegetal y del 26 % en los tratamientos sin cobertura. Estudios previos en suelos franco limosos y mixtos, donde se aplicó cobertura de paja de trigo hasta 1600 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, reportaron mejoras en la porosidad, la retención de agua y la estabilidad de los agregados (Mulumba y Lal, 2008). Esto podría explicar el efecto mitigador de la cobertura en este estudio, dado que la falta de cobertura vegetal puede haber causado mayor pérdida de agua y aumentado el efecto de la salinidad, junto con el posible impacto negativo del fertilizante sintético. Investigaciones adicionales han mostrado que la cobertura vegetal con paja de trigo puede mejorar la rentabilidad de la lechuga, inhibir el crecimiento de malezas y estimular la actividad biológica del suelo (Aziz et al., 2019). La salinidad también afecta negativamente la descomposición de la materia orgánica, especialmente en suelos arenosos por su baja retención de agua (Setia et al., 2011).

En este estudio, el suelo arenoso presentó un 30 % menos de rendimiento (MS<sub>T</sub>) en los tratamientos sin cobertura respecto a los tratamientos con cobertura. Mientras que, en el suelo franco arenoso se observó una disminución del 68 % entre los tratamientos con y sin cobertura vegetal. Además, en el suelo franco arenoso, la cobertura vegetal atenuó el impacto de la salinidad,

con pérdidas similares en la raíz (32 %) y la parte aérea (27 %), sin diferencias significativas entre las calidades de agua utilizadas.

En cuanto a la eficiencia en el uso del agua y la tasa de crecimiento en el suelo franco arenoso, los tratamientos SCV mostraron menor rendimiento respecto a los tratamientos CCV. Estudios indican que la cobertura, tanto vegetal como sintética, incrementa la EUA. Algunos estudios reportaron una mejora del 49 % en suelo cubierto frente a desnudo (Escobosa García et al., 2022), mientras que Biswas et al. (2022) observaron un aumento del 30 % en EUA usando paja de arroz como cobertura. Para maximizar estos beneficios, es esencial adaptar el uso de cobertura a las condiciones del suelo. Otro estudio en lechuga mostró un ahorro de agua del 25 % con cobertura plástica (Almeida et al., 2015), concordante con los resultados del presente estudio.

En cuanto a la relación  $MS_A/MS_R$ , el suelo arenoso mostró un efecto diferencial sobre el crecimiento de la raíz y la parte aérea debido a la cobertura, especialmente importante en la raíz por su rápida pérdida de humedad, a diferencia del suelo de textura franco arenosa, en el cual se observaron pérdidas similares en la parte aérea respecto a la radicular. Un estudio en lechuga concluyó que la salinidad afecta el crecimiento de las raíces con CE superiores a  $2,8 \text{ dS m}^{-1}$  (Rosas et al., 2019).

En este trabajo todos los tratamientos recibieron una dosis de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  de abono orgánico y se observó en el suelo de textura franco arenosa que los tratamientos sin cobertura vegetal tuvieron pérdidas totales por efecto del riego con agua de intermedia y alta salinidad. Según la bibliografía, la calidad comercial de la lechuga está definida por el peso fresco y el tamaño de la planta. Hay estudios que han observado que salinidades superiores a  $2,0\text{-}2,6 \text{ dS m}^{-1}$  disminuyen el rendimiento y el crecimiento (Andriolo et al., 2005). Asimismo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) incrementa el rendimiento, pero este se reduce con dosis más altas de nitrógeno debido a toxicidad o desequilibrios nutricionales (Boroujerdnia, 2007). Los estudios sugieren que fertilizar la lechuga con dosis de nitrógeno menores a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  favorece su crecimiento, mientras que dosis de hasta  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  aumentaron significativamente la pérdida de nitrógeno por lixiviación (Braos et al., 2019). Asimismo, se ha observado que el riego con agua de conductividad eléctrica (CE) no mayor a  $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$  reduce el contenido de nitratos en las hojas, sin afectar considerablemente el rendimiento ni la calidad nutricional de la lechuga (Mola et al., 2013). Estos antecedentes podrían explicar la mortalidad de algunas plantas de lechuga expuestas a agua de alta salinidad en los tratamientos sin cobertura vegetal.

## CONCLUSIONES

La textura del suelo condiciona la respuesta a la calidad del agua aplicada y al efecto de la cobertura vegetal.

Hay un efecto positivo por el uso de cobertura vegetal el cual implica un incremento en la producción del cultivo de lechuga en ambos suelos. El efecto es mayor en el suelo de textura gruesa independientemente de la calidad del agua utilizada. El uso de cobertura vegetal es significativo cuando se utiliza agua con alta salinidad para el cultivo evaluado (sensibilidad a  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) en el suelo franco arenoso.

El uso de cobertura vegetal mejora la EUA, lo que reduce la necesidad de aplicar agua al cultivo en ambos suelos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, W. F. D., Lima, L. A., & Pereira, G. M. (2015). Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. *Engenharia Agrícola*, 35, 1009-1018. <https://www.scielo.br/j/eagri/a/HBZyr3Rt9kPfQ8rbympBbqh/?lang=en&format=html>
- Álvarez, C., Muguero, A. y Pechín, C. (2023). ¿Qué indicadores de suelo modifican los cultivos de cobertura en ensayos de larga duración en sistemas intensivos de producción bajo cubierta?. Cultivos intensivos bajos cubierta. Investigación, desarrollo e innovación en el marco del PEI009. *Especial Jornadas sobre Biofumigación*, 3(4), 84-90. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/14954>

- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Maceira, N., Echeverría, H., Posse, G., Prieto, D., Sánchez, E., Ducasse, D., Bogliani, M., Gamundi, J. C., Trumper, E., Frana, J., Perotti, E., Fava F. y Mastrángelo, M. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. (1a ed.). Ediciones INTA. [https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2149/INTA\\_CRBsAsSur\\_EEABalcarce\\_Andrade\\_FH\\_Desafios\\_agricultura\\_argentina.pdf](https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2149/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Andrade_FH_Desafios_agricultura_argentina.pdf)
- Andriolo, J. L., Luz, G. L. D., Witter, M. H., Godoi, R. D. S., Barros, G. T. & Bortolotto, O. C. (2005). Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Horticultura Brasileira*, 23, 931-934. <https://www.scielo.br/j/hb/a/PVhqXmJcL44v9mwLkPcHMrb/?lang=en>
- Aziz, A., Ashraf, M., Asif, M., Safdar, M. E., Shahzad, S. M., Javaid, M. M., & Munir, M. S. (2019). Impact of mulching materials on weeds dynamics, soil biological properties and lettuce (*Lactuca sativa* L.) productivity. *International Journal of Botany Studies*, 4(4), 128-134. [https://www.researchgate.net/publication/342719596\\_International\\_Journal\\_of\\_Botany\\_Studies\\_Impact\\_of\\_mulching\\_materials\\_on\\_weeds\\_dynamics\\_soil\\_biological\\_properties\\_and\\_lettuce\\_Lactuca\\_sativa\\_L\\_productivity](https://www.researchgate.net/publication/342719596_International_Journal_of_Botany_Studies_Impact_of_mulching_materials_on_weeds_dynamics_soil_biological_properties_and_lettuce_Lactuca_sativa_L_productivity)
- Braos, F., Batistella Filho, M. C., Pessôa da Cruz, M., & Ferreira, E. (2019). Mineral nitrogen fertilization effects on lettuce crop yield and nitrogen leaching. *Scientia Horticulturae*, 255, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.032>
- Beltrão, J., Trindade, D., & Correia, P. J. (1996). Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water. *ISHS Acta Horticulturae* 449: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.449.86>
- Biswas, T., Bandyopadhyay, P. K., Nandi, R., Mukherjee, S., Kundu, A., Reddy, P., Mandal, B. & Kumar, P. (2022). Impact of mulching and nutrients on soil water balance and actual evapotranspiration of irrigated winter cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Agricultural Water Management*, 263(1). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107456>
- Boroujerdnia, M., Ansari, N. A., & Dehcordie, F. S. (2007). Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in Romaine lettuce. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, 550-553. <https://doi.org/10.3923/ajps.2007.550.553>
- Buyer, J. S., Baligar, V. C., He, Z., & Arévalo Gardini, E. (2017). Soil microbial communities under cacao agroforestry and cover crop systems in Peru. *Applied Soil Ecology*, 120, 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.009>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2020). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Escobosa García, I., Vázquez Medina, M. M., Samaniego Gámez, B. Y., Valle Gough, R. E., Vázquez Angulo, J. C. & Núñez Ramírez, F. (2022). Efecto del acolchado en repollo cultivado en el Valle de Mexicali. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 197-206.
- FAO. (2023). El estado de la alimentación y la agricultura: Gestión integrada de los recursos hídricos. <https://www.fao.org/3/nm092es/nm092es.pdf>.
- FAO. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d3a6e93a-26b6-41b4-9b36-39f674618b7c/content>
- Galantini J.A. y E. de Sa Pereira. (2018). Captura de carbono por los cultivos de cobertura y su costo hídrico. En: Ed. J.A. Galantini (Ed), *Siembra directa en el SO Bonaerense* (pp. 115-120). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22143.0528>
- Keesstra, S. D., Rodrigo Comino, J., Novara, A., Giménez Morera, A., Pulido, M., Di Prima, S. & Cerdà, A. (2019). Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments, 174, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.007>
- Kurunc, A. (2021). Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101,5688-5696 <https://doi.org/10.1002/jsfa.11223>
- Lense, G. H. E., Parreiras, T. C., Moreira, R. S., Avanzi, J. C. & Mincato, R. L. (2021). Effect of spatial-temporal variation of land use and land cover on soil erosion. *Revista Caatinga*, 34(1), 90-98. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021V34N110RC>.
- Li, R., Li, Q. & Pan, L. (2021). Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(1), 136-151. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1718111>.
- López, F. M., Duval, M. E., Martínez, J. M. y Galantini, J. A. (2015). Cobertura en el Sudoeste Bonaerense en suelos bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 33(2), 273-281
- Mihelić, R., Pečnik, J., Glavan, M. & Pintar, M. (2021). Impact of Sustainable Land Management Practices on Soil Properties: Example of Organic and Integrated Agricultural Management. *Land*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.3390/land10010008>
- Mola, I. D., Mori, M. & Chiaranda, F. Q. (2013). *Interaction between salinity and crop cycle: effect on yield and quality of lettuce*. 3, 63-68. [https://www.researchgate.net/publication/234100464\\_Interaction\\_between\\_salinity\\_and\\_crop\\_cycle\\_effect\\_on\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_lettuce](https://www.researchgate.net/publication/234100464_Interaction_between_salinity_and_crop_cycle_effect_on_yield_and_quality_of_lettuce)

- Mulumba, L. N. & Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011>.
- Nojosa Lessa, C. I., Nunes de Oliveira, C. A., Magalhães, C. L., Machado de Sousa, J. T. y Gomes de Sousa, G. (2020). Estresse salino, cobertura morta e turno de rega na cultura do sorgo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 13(5), 3637-3645. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V13N5001122>.
- Novara, A., Cerda, A., Barone, E. & Gristina, L. (2021). Cover crop management and water conservation in vineyard and olive orchards. *Soil and Tillage Research*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104896>
- Roarty, S., Hackett, R. A. & Schmidt, O. (2017). Earthworm populations in twelve cover crop and weed management combinations. *Applied Soil Ecology*, 114, 142-151.
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M. y Quezada Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1724>.
- Rosas, J. T. F., Junior, E. M., Lorenzoni, R. M., Santos, F. F. L. D., & Martins, R. N. (2019). Effect of salinity on germination of lettuce cultivars produced in Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*, 34(5), 1-8.
- Silva, P., Vergara, W. y Acevedo, E. (2015). *Rotación de cultivos. Rastrojos de cultivos y residuos forestales*. Edición C. Ruiz. 308, 48-67. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7856>.
- Setia, R., Marschner, P., Baldock, J., Chittleborough, D., Smith, P. & Smith, J. (2011). Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1908-1916. [https://www.academia.edu/download/47628146/Salinity\\_effects\\_on\\_carbon\\_mineralizatio20160729-18507-s1aohm.pdf](https://www.academia.edu/download/47628146/Salinity_effects_on_carbon_mineralizatio20160729-18507-s1aohm.pdf)
- Uenluekara, A., Cemek, B., Karaman, S. & Erşahin, S. (2008). Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36(4), 265-273. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01140670809510243>
- Wang, J., Zhang, Y., Gong, S., Xu, D., Snyder, R., Chen, Y., Zhao, Y. & Yan, Q. (2018). Effects of straw mulching on microclimate characteristics and evapotranspiration of drip-irrigated winter wheat in North China Plain. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), 122-131. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181102.3192>.
- Zhang, S., Wang, Y., Sun, L., Qiu, C., Ding, Y., Gu, H., Wang, L., Wang, Z. & Ding, Z. (2020). Organic mulching positively regulates the soil microbial communities and ecosystem functions in tea plantation. *BMC Microbiology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-020-01794-8>
- Yaganoglu, E., Senol, N. D. & Yerli, C. (2023). Enhancing soil properties and crop growth in varied-texture soils: evaluating the efficacy of biochar in mitigating irrigation water salinity. *Environmental Engineering and Management Journal*, 22(7), 1157-1172.
- Zribi, W., Faci, J. M. y Aragües R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información Técnica Económica Agraria*, 107(2), 148-162. <http://hdl.handle.net/10532/1796>