

Recuperación de suelos salinos, identificando el método de desalinización más eficiente en el distrito de Salaverry-Trujillo-Peru.

Recovery of saline soils, identifying the most efficient desalination method in the district of Salaverry-Trujillo-Peru.

Denis Castañeda-Añazgo^{1*}, Josseph Aponte-Larrea¹, Ghina Guevara-Salinas¹, Moises Odar-Ruiz¹, Segundo Rojas-Flores², Magda Rodriguez-Yupanqui¹

¹Escuela de Ingeniería ambiental, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.

²Vicerrectorado de Investigación, Universidad Autónoma del Perú, Lima 15842, Peru

Resumen—La salinidad es un problema latente que está afectando en la fertilidad del suelo, en el Distrito de Salaverry, Trujillo, Perú; también ocurre este problema en los suelos, debido a que se encuentra en una zona costera lo cual genera que los suelos tenga una concentración muy alta de salinidad, el método que se utilizó es la cortina de paja, lo cual se va a recuperar los suelos salinos, siendo una técnica sencilla de emplear, económica y sobre todo amigable con el ambiente, los resultados que se obtuvo con respecto al pH, durante los 5 días los datos obtenidos en el primer día de las 4 muestras fue de un promedio de 7.93, en el segundo día con un valor de 7.53, en el tercer día 7.64, en el cuarto día 7.32 y en el quinto día 7.28, acercándose al valor adecuado, lo mismo paso con la conductividad eléctrica donde las muestras el primer día la Conductividad eléctrica de las cuatro muestras fue, 10.8 mS/cm, 5.33 mS/cm, 6.06 mS/cm y 8.11 mS/cm, con respecto al segundo día; 8.20 mS/cm, 4.14 mS/cm, 2.98 mS/cm y 2.94 mS/cm, en el tercer día hasta el quinta día los valores se han mantenido en valores 2.99 mS/cm, 2.73 mS/cm, 2.77 mS/cm y 2.81 mS/cm, con respecto a la temperatura las 4 muestras se ha mantenido en la temperatura de 25°C, también se midió materia orgánico de los 4 puntos lo cual en el punto A se obtuvo 5.025%, en el punto B (4.69%), punto C (6.03%) y en el punto D (4.85 %)

Palabras claves—salinidad; mantillo de paja; suelo; recuperado; conductividad.

Abstract—Salinity is a latent problem that is affecting soil fertility in the District of Salaverry, Trujillo, Peru; This problem also occurs in the soil, due to the fact that it is located in a coastal area, which generates that the soil has a very high concentration of salinity, the method that was used is the straw curtain, which will recover the soil. saline, being a simple technique to use, economical and above all friendly to the environment, the results obtained with respect to pH, during the 5 days the data obtained on the first day of the 4 samples was an average of 7.93, on the second day with a value of 7.53, on the third day 7.64, on the fourth day

7.32 and on the fifth day 7.28, approaching the appropriate value, the same thing happened with the electrical conductivity where the samples on the first day the electrical conductivity of the four samples was, 10.8 mS/cm, 5.33 mS/cm, 6.06 mS/cm and 8.11 mS/cm, with respect to the second day; 8.20 mS/cm, 4.14 mS/cm, 2.98 mS/cm and 2.94 mS/cm, from the third day to the fifth day the values have remained at values of 2.99 mS/cm, 2.73 mS/cm, 2.77 mS/cm and 2.81 mS/cm, with respect to temperature, the 4 samples have been maintained at a temperature of 25°C, organic matter was also measured from the 4 points, which at point A 5.025% was obtained, at point B (4.69 %), point C (6.03%) and at point D (4.85%)

Keywords—salinity; straw mulch; recovered; conductivity.

INTRODUCCIÓN

La salinidad de los suelos costeros ha ocasionado efectos negativos en la agricultura ocasionando grandes problemas gubernamentales, actualmente la salinidad ha afectado aproximadamente 412 millones de hectáreas alrededor de 100 países en todo el mundo, teniendo diferentes efectos en la producción agrícola debido a la degradación del suelo, lo cual impide que se puedan cultivar diferentes vegetales [1,2]. Así también, los altos niveles de salinidad afectan a las raíces de las hortalizas de manera considerable en su crecimiento de las plantas y también en su productividad [3]. Motivo por el cual, se ha venido tratando por diferentes métodos, por ejemplo, la corrección química [4], mejoramiento genético [5], riego por goteo [6], enmiendas de algas y piedra pómez [7], evaporación solar interfacial [8] y el de la cortina de paja, entre otros. Uno de los métodos más utilizado es el de la cortina de paja, la cual consiste en hacer una excavación de 60 cm aproximadamente, para luego rellenarlo con 10 a 15 cm de paja, siendo finalmente cubierta por la tierra que se removió anteriormente [9]. Según Dong et al. (2021) [10], realizaron su investigación titulada “Influyen en la recuperación de suelo salino y el crecimiento de la Lycium barbarumL” en el cual utilizo el método de bajo riego por goteo en el noroeste de China, realizando 4 tratamientos de cobertura de pasto sembrado (GC), la película plástica negra (BF), la cortina de paja (SC) y

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.40>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

el suelo desnudo, en el cual cultivo lycium barbaruml; obteniendo los tratamientos más efectivos la de la cortina de paja y el suelo desnudo las cuales aumentaron un 46.3 y 26 %, en comparación con el tratamiento de el pasto sembrado, y la película negra, estos dos últimos afectan negativamente debido a la alta concentración de pasto y temperatura. Según Kong et al. (2021) [11], realizaron una investigación para la recuperación de suelos afectados por la salinidad utilizando enmiendas de algas y piedra pómez impacto en la salinidad del suelo y el crecimiento de la alfalfa donde incluyo seis tratamientos (T); en el T1, T2, T3, T4, T5 y T6 usándose arena –control positivo, arena+ 2% PU (Piedra Pómez), arena + 12% pu, arena +3% PU+2% AL(algas), Arena+12% PU+2%AL y Arena+2%AL respectivamente, los cuales se sometieron a 14 ciclos de riego humectado y secado, los tratamientos más efectivos en la recuperación de este suelo fue el tratamiento T5 y T3, mostraron mayor reducción en la conductividad eléctrica del suelo. De forma similar, Zhou et al. (2021) realizo una investigación en Bazhou (China) para poder conocer y emplear la tecnología magnetizada en el proceso de desalinización y mejoramiento de calidad de las tierras salinas-alcalinas, la tecnología magnetizada cambia la distribución de agua y sal en todos los suelos salinos al aumentar la capacidad de retención en el suelo salino ligero, logrando mejorar la tasa de desalinización un 29.2-50.4%. De la misma forma, Wu et al. (2022) [12], realizaron la investigación en agricultura salina sostenible aplicando evaporación solar interfacial para la desalinización simultánea de agua de mar y la remediación de suelos salinos, para esto diseñaron un sistema de plantación y evaporación solar donde se utilice agua de mar tratada para el lavado de los suelos salinos y riego agrícola, el evaporador logro una alta producción de agua dulce (10.95 kg/m) con una eficiencia de lavado de suelos de 3 veces mayor a lo tradicional, este sistema logro recuperar los suelos salinos a un 95% disminuyendo la conductividad eléctrica y la salinidad. Shi et al. (2021) [13], investigaron sobre impacto de las medidas de mejora de suelos salinos con el proceso de abandono-recuperación, utilizando una tecnología de inducción electromagnéticas donde involucro tres tratamientos de suelos salinos diferentes, los niveles de salinidad en los tres tratamientos mostraron que decrecieron y evidenciándose una tendencia de disminución de sales en los suelos áridos para poder sembrar algodón. Yin et al. (2022) [14], investigaron sobre las características y eficiencia de la desalinización de suelos de alta salinidad lixiviados por agua salobre y agua del río amarillo, la tasa de desalinización del rio de agua amarillo fue de 140% y el de agua salobre de 21.01% de la salinidad inicial; el pH y el carbonato de sodio residual no aumentaron considerablemente en el agua salobre.

En este sentido, en el Distrito de Salaverry, Provincia Trujillo, Región la Libertad (Peru) no es ajena a la salinización de los suelos, estando ubicado en una zona costera en las cuales se generan altas concentraciones de salinidad, motivo por el cual no pueden producir ningún tipo de alimento para el consumo humano ya que la sal que se encuentra en el suelo provoca que las plantas realicen un mayor esfuerzo para absorber los nutrientes, esto le conlleva a genera un gasto adicional de

energía que influirá negativamente en su rendimiento productivo; y hasta el momento no se ha reportado documentación alguna sobre algún estudio de salinidad en esta zona afectada. Por otro lado, Shuqin Wan (2021) [15], menciona que se puede emplear la planta Lycium barbarum para siembra en estas zonas por su resistencia característica a la salinidad del suelo, no obstante, no requiere de tanto esfuerzo para obtener nutrientes del suelo, además de que la plantación de la Lycium barbarum tiene un rendimiento de 100.6 kg por ha (10000m²) cuando se utiliza un mantillo de paja como aislante de filtración de agua subterránea. Por lo tanto el objetivo de esta investigación es aplicar el método cortina de paja para la recuperación de suelos salinos en el distrito de Salaverry, midiendo los diversos parámetros como pH, conductividad eléctrica, temperatura, materia orgánica y el nivel de salinidad, por un periodo de un mes con el método puesto en práctica, se tomaron muestras durante 5 días con una frecuencia de dos días por semana, ya que se tenía en cuenta el tiempo que toma en hacer efecto el método en la tierra, la recuperación de suelos con alta concentración de salinidad es muy importante, porque va a permitir tener un mejor manejo de suelos, donde la eficiencia se demuestre a largo plazo evidenciando sembríos de vegetación

II. MATERIALES Y MÉTODO

A. Recolección de la muestra

Las muestras se recolectaron del distrito de Salaverry, entre la calle La Mar y Piura, como se muestra en la siguiente imagen satelital donde se puede aprecia el área y los puntos de muestreo.



Fig. 1. Imagen Satelital del punto de muestreo.

B. Caracterización de las muestras

Se monitorearon los valores de pH (HANNA, modelo HI8424-Chile), conductividad, temperatura, nivel de salinidad y

porcentaje de materia orgánica por un periodo de cinco días. Galantini, Rosell y Iglesias (2014) [16], la medición de materia orgánica se obtuvo con el método de Walkley y Black usando la fórmula:

$$M.O\% = \left[ml(K_2Cr_2O_7) - \frac{ml(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O)}{2} \right]$$

Donde.

M.O %: Materia Organica en %

K₂Cr₂O₇: Solución de Sulfato ferroso amoniaco

Fe(NH₄)₂ (SO₄)₂•6H₂O: Sulfato ferroso amónico

La toma de datos, un de ella el pH (Nivel de acidez o alcalinidad del suelo, se miden en unidades de pH) y conductividad (capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica y se mide mS/cm), la materia orgánica se determinó mediante una formula; lo cual es el porcentaje de materia orgánica (M.O%), igual al dicromato potásico (K₂Cr₂O₇) menos la solución de sulfato ferroso amónico Fe(NH₄)₂ (SO₄)₂•6H₂O y por el factor que es contante (0.67) de los puntos de muestreo (A, B, C y D; ver Figura 1) se tuvo que dividir en cuatros subpuntos de los cuales se tomó 3 muestras por punto.

C. Utilización del método cortina de paja

Se determinó el área de estudio, se identificaron 4 puntos principales donde se realizó una excavación de aproximadamente 60 cm de profundidad por cada punto, seguidamente se colocó una capa de 10 cm de la paja seca; para finalmente se rellenarla con la misma tierra removida Chen et al. (2015) [17].

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

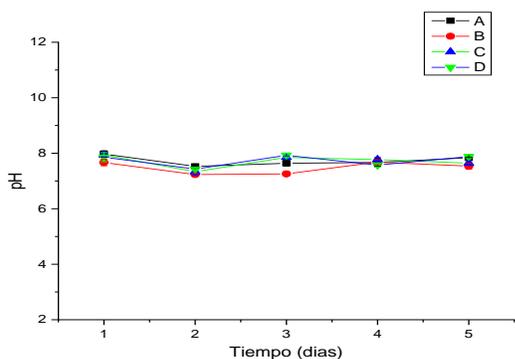


Fig. 2. Monitoreo de los valores de pH.

En la Fig. 2 se observan las mediciones con respecto al pH del suelo; donde en el primer día de muestra se obtuvo un pH promedio de 7.4 de las 4 muestras, del segundo hasta el quinto día los resultados bajaron a 7 manteniéndose en ese valor neutro hasta el final del monitoreo, por ello Molina (2017) [18] menciona que el pH óptimo para los suelos agrícolas, debe variar entre 6.5 y 7 para que obtener rendimientos óptimos en las cosechas, este rango es adecuado ya que hay mayor disponibilidad razonable de nutrientes, materia orgánica. Así mismo Sandoval (2015) [19], menciona que los suelos con valores de pH mayores a 8, estos valores

tienen mayor presencia en zonas áridas o en litorales fuertemente salinos. También Valera (2013) [20], menciona que el pH ideal varía dependiendo de la planta, por ejemplo, plantas como “azaleas”, “rhododendrons”, arándanos y coníferas crecen mejor en suelos pH y la mayoría de los vegetales, céspedes y ornamentales crecen muy bien en suelos moderadamente ácidos. Los suelos con valores de pH menores o mayores a estos rangos pueden resultar en crecimientos menos vigorosos y deficiencias de nutrientes [21].

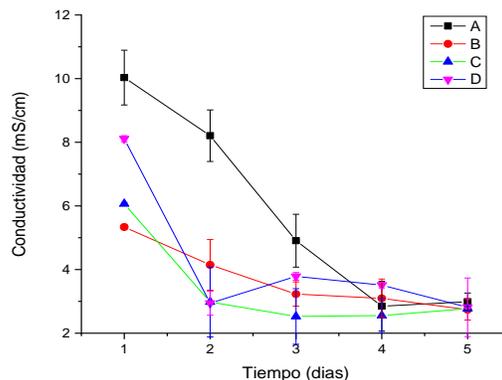


Fig. 3. Monitoreo de los valores de la conductividad.

En la Fig. 3 se observa los valores obtenidos del monitoreo de la conductividad eléctrica, donde inicialmente los valores fueron elevados (desde 8.20 a 10.03 mS/cm) pero en el segundo hasta el quinto día los niveles de conductividad disminuyeron y se han mantenido entre valores de 3.23 a 2.7 mS/cm. En este sentido Silva (2018), menciona que para que un lugar tenga buena vegetación la conductividad eléctrica debe oscilar de 2 a 4 mS/cm, con lo que se lograría obtener una buena cosecha con menos plagas en los productos [22].

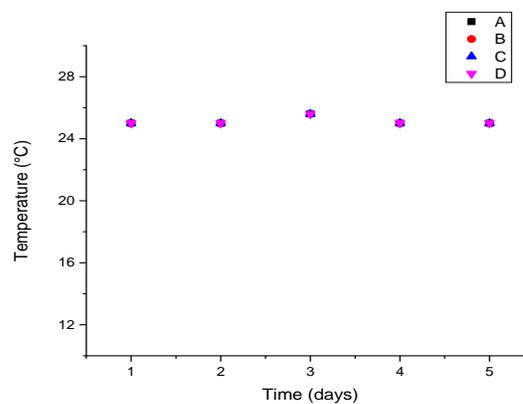


Fig. 4. Medidas de temperatura de 12 muestras de suelo durante 5 días.

Según Bandera (2004) y Corcuera (2016) dicen que un suelo que tiene un CE(ds/m) menor a 2 es un suelo normal mejor dicho productivo, y que un suelo con CE(ds/m), mayor a 4 es un suelo salino, salino sódico, y cuando se tiene un CE(ds/m)

menor a 4 es considerado un suelo sódico se evidencia así que con un CE(ds/m) de 2 o menor es un suelo acto para la agricultura y si es mayor a 4 es un suelo salino que solo se pueden sembrar ciertas plantas que soportan ese ambiente [23,24]. Rojas et al. (2015) en su investigación menciona que determinar la conductividad eléctrica es fundamental para tomar decisiones en el manejo del suelo, también conocer si el suelo facilita el cultivo y variedad de acuerdo a la tolerancia a los niveles de salinidad, cuando la conductividad es menor que 1[25], es un suelo libre de sales y sin ninguna restricción; de 1 a 2 mS/cm suelos muy bajo en sales y pueden producir cultivos sensibles con restricciones; de 2 a 4 mS/cm los cultivos si pueden verse afectados, y cuando están entre 4 a 8 mS/cm casi todos los cultivos se ven afectados y por ultimo de 8 a 16 mS/cm cultivos muy resistentes a la salinidad. En la Fig. 4 se pueden observar los valores de la temperatura monitoreado durante los cinco días, cuyos valores se mantuvieron casi constantes de aproximadamente de 25°C. Fernández et al. (2016) la temperatura adecuada debe oscilar entre los 18 a 27°C, para que la planta pueda crecer correctamente y tener una buena producción [26].; así mismo Padilla et al. (2017), comenta en su investigación que el crecimiento de las plantas y el rendimiento dependen de la temperatura promedio y de las temperaturas extremas[27], la temperatura óptima para los cultivos como arroz, trigo, papa, cebada, tomate es de 16 a 25°C; mientras que para cultivos como caña de azúcar y maíz la temperatura es de 25 a 30°; así también para cultivos como orquídeas, aloe vera, cactus, nopal y piña la temperatura es de 10 a 20°C.

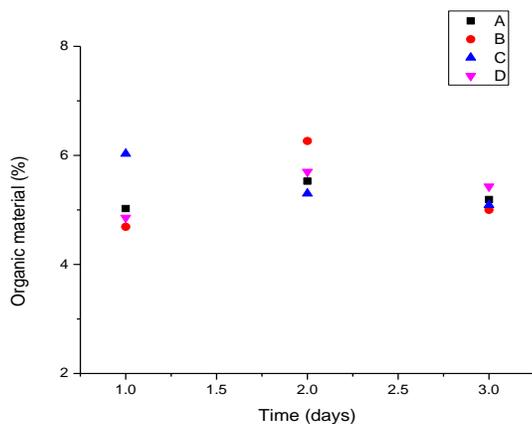


Fig. 5. Medidas de materia orgánica de 4 muestras de suelo durante 3 días.

En la Fig. 5 se observa, las mediciones de la materia orgánica, donde el primer día se inició con un porcentaje de 5%, en el segundo y tercer día se ha tenido variaciones mínimas de porcentaje; manteniéndose casi constantes. Julca et al. (2015), menciona que un suelo productivo debe tener aproximadamente 5% de nitrógeno, fosforo, teniendo efecto en las propiedades físicas del suelo, dando estabilidad y favoreciendo a la penetración del agua, favoreciendo el intercambio gaseoso [28,29]. Aruani et al. (2017) menciona que la materia orgánica en la superficie del suelo es necesaria debido a que proporciona un amortiguamiento físico contra el

impacto de los fenómenos naturales, como las lluvias y la insolación directa [30,31].

Un punto importante observado en la ejecución de la investigación, es que se pudo evidenciar que el principal factor de la salinidad del suelo de Salaverry es la poca distancia a la que se encuentra la capa freática de la superficie terrestre, en este caso, aproximadamente a medio metro o un metro de profundidad, generando así los valores salinidad, añadido a ello tenemos la brisa marina que es otro factor que influye en la salinidad de la zona. Según Lamiz et al. (2013) [32], el suelo salino tiene una gran concentración de sales cuando la conductividad eléctrica supere los 4 mS/cm a temperatura de 27°C, y se da principalmente por dos causas que pueden ser naturales y antrópicas, en lo natural se tiene la escasez de lluvia, clima árido, zonas sin drenaje y lugares costeros o semiáridos; en lo antrópico se tiene el mal manejo de técnicas agrícolas, utilizar agua que provienen de lugares que están contaminados. De la misma forma Ruto et al., (2018) [33], menciona que la salinización primaria ocurre por la acumulación a largo plazo de sales en el perfil del suelo y las aguas subterráneas o la inmersión única de los suelos bajo el agua de mar, como resultado de procesos naturales; mientras que la salinización secundaria es el resultado de actividades humanas que incluyen riego con agua rica en sal, mal manejo del riego o malas condiciones de drenaje, sobreexplotación de las aguas subterráneas y falta de medidas inadecuadas de protección costera para evitar la intrusión de agua de mar en las tierras costeras [33-35].

IV. CONCLUSIONES

El método de mantillo de paja se llegó a aplicar con éxito en el distrito de Salaverry, siguiendo los pasos que se pudieron identificar en artículos anteriores, esta cortina de paja ayudo a la disminución de la filtración de agua del subsuelo, esto a simple vista se puede evidenciar como actúa, viendo que la paja no deja que el agua empiece a subir, debido a que la capa de paja es de un grosor moderado. Se logro apreciar al momento de tomar las muestras, una variación en las propiedades fisicoquímicas del suelo, teniendo resultados favorables, después de aplicar el mantillo de paja, dando así la posibilidad de recuperar nuestra zona de estudio. Los valores de pH durante los 5 días a partir del primer día, de las 4 muestras fue de un promedio de 7.93, en el segundo día con un valor de 7.53, en el tercer día 7.64, en el cuarto día 7.32 y en el quinto día 7.28, acercándose al valor adecuado, lo mismo paso con la conductividad eléctrica donde las muestras el primer día la Conductividad eléctrica de las cuatro muestras fue, 10.8 ms/cm, 5.33 ms/cm, 6.06 ms/cm y 8.11 ms/cm, con respecto al segundo día; 8.20 ms/cm, 4.14 ms/cm, 2.98 ms/cm y 2.94 ms/cm, en el tercer día hasta el quinto día los valores se han mantenido en valores 2.99 ms/cm, 2.73 ms/cm, 2.77 ms/cm y 2.81 ms/cm, con respecto a la temperatura las 4 muestras, desde el primer día hasta el quinto día se ha mantenido una temperatura de 25°C, también se midió materia orgánica de los 4 puntos la cual tuvo una duración de 3 días, siendo así que el primer día en el punto A se obtuvo 5.03%, en

el punto B 4.69%, punto C 6.03% y en el punto D 4.85 %, el segundo día el punto A se obtuvo 5.53%, en el punto B 6.25%, punto C 5.30% y en el punto D 5.70%, por último, el tercer día en el punto A se obtuvo 5.19%, en el punto B 5.00%, punto C 5.09% y en el punto D 5.43%.

REFERENCIAS

- Chen, Q., Cao, X., Li, Y., Sun, Q., Dai, L., Li, J., Guo, Z., Zhang, L., & Ci, L. (2022). Functional carbon nanodots improve soil quality and tomato tolerance in saline-alkali soils. *Science of the Total Environment*, 830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154817>
- CHU, L. lin, KANG, Y. hu, & WAN, S. qin. (2016). Effect of different water application intensity and irrigation amount treatments of microirrigation on soil-leaching coastal saline soils of North China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9), 2123–2131. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61263-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61263-1)
- Das, R. S., Rahman, M., Sufian, N. P., Rahman, S. M. A., & Siddique, M. A. M. (2020). Assessment of soil salinity in the accreted and non-accreted land and its implication on the agricultural aspects of the Noakhali coastal region, Bangladesh. *Heliyon*, 6(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04926>
- Dong, S., Wan, S., Kang, Y., Miao, J., & Li, X. (2021). Different mulching materials influence the reclamation of saline soil and growth of the *Lycium barbarum* L. under drip-irrigation in saline wasteland in northwest China. *Agricultural Water Management*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106730>
- Fu, Z., Wang, P., Sun, J., Lu, Z., Yang, H., Liu, J., Xia, J., & Li, T. (2020). Composition, seasonal variation, and salinization characteristics of soil salinity in the Chenier Island of the Yellow River Delta. *Global Ecology and Conservation*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01318>
- Gao, Y., Shao, G., Wu, S., Xiaojun, W., Lu, J., & Cui, J. (2021). Changes in soil salinity under treated wastewater irrigation: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106986>
- Ha X., Qu, Y., Li, D., Qiu, Y., Yu, Y., & Feng, Y. (2021). Remediation of saline-sodic soil by plant microbial desalination cell. *Chemosphere*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130275>
- KoC., Camps-Arbestain, M., Clothier, B., Bishop, P., & Vázquez, F. M. (2021). Reclamation of salt-affected soils using pumice and algal amendments: Impact on soil salinity and the growth of lucerne. *Environmental Technology and Innovation*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101867>
- Peng, S., Wang, F., Li, X., Fan, L., & Gong, F. (2019). A microbial method for improving salt swelling behavior of sulfate saline soil by an experimental study. *Alexandria Engineering Journal*, 58(4), 1353–1366. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.11.006>
- Shao, T., Long, X., Liu, Y., Gao, X., Liu, M., & Rengel, Z. (2021). Effect of industrial crop Jerusalem artichoke on the micro-ecological rhizosphere environment in saline soil. *Applied Soil Ecology*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104080>
- Shi, X., Wang, H., Song, J., Lv, X., Li, W., Li, B., & Shi, J. (2021). Impact of saline soil improvement measures on salt content in the abandonment-reclamation process. *Soil and Tillage Research*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104867>
- Sinha, S., Matsumoto, T., Tanaka, Y., Ishida, J., Kojima, T., & Kumar, S. (n.d.). Solar desalination of saline soil for a forestation in arid areas: numerical and experimental investigation. www.elsevier.com/locate/enconman
- Sun, Z., Ge, J., Li, C., Wang, Y., Zhang, F., & Lei, X. (2022). Enhanced improvement of soda saline-alkali soil by in-situ formation of super-stable mineralization structure based on CaFe layered double hydroxide and its large-scale application. *Chemosphere*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134543>
- Wu, P., Wu, X., Wang, Y., Xu, H., & Owens, G. (2022). Towards sustainable saline agriculture: Interfacial solar evaporation for simultaneous seawater desalination and saline soil remediation. *Water Research*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118099>
- Yin, C. Y., Zhao, J., Chen, X. B., Li, L. J., Liu, H., & Hu, Q. L. (2022). Desalination characteristics and efficiency of high saline soil leached by brackish water and Yellow River water. *Agricultural Water Management*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107461>
- Zhou, B., Yang, L., Chen, X., Ye, S., Peng, Y., & Liang, C. (2021). Effect of magnetic water irrigation on the improvement of salinized soil and cotton growth in Xinjiang. *Agricultural Water Management*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106784>
- FERNANDEZ, ROCHA YUPANQUI, Ruth Milagros. Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad. 2014, pg. 26-30.
- MENDOZA, RUEDA, Julio Marcelo Terrazas. Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. Apthapi, 2013, vol. 5, no 1, p. 409-421.
- SILVA, Luis Manuel Merino. Estudio de la conductividad eléctrica en muestras de suelo provenientes de las zonas mineras cercanas a la ciudad de Guanajuato. 2018.
- FERNÁNDEZ, Gladys; JOHNSTON, Myrna. Crecimiento y temperatura. Squeo, FA y Cardemil, L. Fisiología Vegetal. Chile: Ediciones Universidad de La Serena, 2016, vol. 28.
- JULCA-OTINIANO, Alberto, et al. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Idesia (Arica), 2015, vol. 24, no 1, p. 49-61.
- GALLART MARTÍNEZ, Fernando. La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia. 2018. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- MOGOLLÓN SANDOVAL, José Pastor; MARTÍNEZ, Alicia Elena; TORRES, Duilio Gilberto. Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta agronómica*, 2015, vol. 64, no 4, p. 315-320.
- BANDERA, Ramiro, et al. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y de especies forrajeras. 2013. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- ROJAS, Julio R., et al. Sensor de conductividad eléctrica aparente para definir zonas homogéneas de manejo en suelos salinos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2015, vol. 9, no 1, p. 86-96.

26. GÓMEZ-PADILLA, Ernesto, et al. Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol Caupí, en suelos salinos de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2017, vol. 38, no 4, p. 39-49.
27. ARUANI, María C., et al. Ensamble de nematodos en una cronosecuencia en suelo salino y fertilizado, en un huerto frutícola. *Ciencia del suelo*, 2017, vol. 35, no 1, p. 47-55.
28. Galantini JA; RA Rosell; JO Iglesias. 2014. Determinación de materia orgánica en fracciones granulométricas de suelos de la región semiárida bonaerense. *Ciencia del Suelo* 12: 81-83.
29. YG Zhao et al. Efectos del mantillo de paja y paja enterrada en la humedad y salinidad del suelo en relación con el crecimiento y rendimiento del girasol Cultivo de campo. *Res.* (2014)
30. Chen et al. Influence of mulches on urban vegetation construction in coastal saline land under drip irrigation in North China *Agric. Water Manag.* (2015)
31. Shide Dong, Shuqin Wan, Yaohu Kang, Junxia Miao, Xiaobin Li, Diferentes materiales de mantillo influyen en la recuperación de suelo salino y el crecimiento de *Lycium barbarum L.* bajo riego por goteo en terrenos baldíos salinos en el noroeste de China. 2021 <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106730>
32. Kong, C. et al. (2021) "Reclamation of salt-affected soils using pumice and algal amendments: Impact on soil salinity and the growth of lucerne," *Environmental Technology and Innovation*, 24. doi:10.1016/j.eti.2021.101867.
33. BANDERA, R. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y especies forrajeras. [en línea]. Tesis para maestría. Universidad de Buenos Aires. 2004. [consultado el 22 de mayo del 2020]. Disponible en: http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013banderara_miro.pdf
34. CORCUERA, C. "Análisis de la fertilidad de los suelos agrícolas destinados al cultivo de arroz en la cuenca baja del río jequetepeque". [en línea]. Tesis para maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016. [consultado el 22 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7551>