



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“MÉTODOS PARA RECUPERAR SUELOS AFECTADOS POR LA  
SALINIDAD Y/O SODICIDAD”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:  
BACHILLER EN INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Ruth Milagros Rocha Yupanqui

Asesor:

Ing. Luis Abraham Gomero Osorio

Lima – Perú

2019

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°106-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 28 de junio de 2019

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad**, presentado por:

- **Ruth Milagros Rocha Yupanqui**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad** con N° de registro de la carrera: **012-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Ing. Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
  
**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

## MÉTODOS PARA RECUPERAR SUELOS AFECTADOS POR LA SALINIDAD Y/O SODICIDAD

Ruth Rocha-Yupanqui<sup>1</sup> y Luis Abraham Gomero Osorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur.

### RESUMEN

La salinidad y sodicidad es un problema mundial que afecta a los suelos, especialmente en zonas con climas áridos o semiáridos. Este problema es originado por factores naturales y antrópicos; este último intensifica la salinidad, ya que se realizan inadecuadas prácticas de riego, afectando de forma directa las propiedades del suelo tanto físicas como químicas, y disminuyendo la producción de algunos cultivos, tales como el tomate, que se ven afectados en la etapa de germinación, no obstante, pocas plantas han logrado adaptarse a las condiciones salinas que presentan los suelos, como las gramíneas. Por ello, los métodos para la recuperación de estos suelos van desde técnicas básicas; como el lavado y la adición de enmiendas químicas; hasta técnicas complementarias, como la labranza profunda, adición de materia orgánica, cócteles microbianos, forrajes y micorrizas, escorias; que muchas veces son el reaprovechamiento de subproductos industriales; y la aplicación del electromagnetismo que ayuda a acelerar la recuperación de los suelos salinos y/o sódicos.

**Palabras clave:** Cultivos, métodos, recuperación, suelos salinos, suelos salinos sódicos.

### ABSTRACT

Salinity and sodicity is a global problem that affects soils, especially in areas with arid or semi-arid climates. This problem is caused by natural and anthropic factors; the latter intensifies salinity, since inadequate irrigation practices are carried out, directly affecting the physical and chemical properties of the soil, and decreasing the production of some crops, such as tomatoes, that are affected in the germination stage. However, few plants have managed to adapt to the saline conditions of soils, such as grasses. Therefore, the methods for the recovery of these soils range from basic techniques; like the washing and the addition of chemical amendments; to complementary techniques, such as deep tillage, addition of organic matter, microbial cocktails, fodder and mycorrhizae, slag; that many times are the reuse of industrial by-products; and the application of electromagnetism that helps accelerate the recovery of saline and / or sodic soils.

**Key words:** Crops, methods, recovery, saline soils, sodium saline soils.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la salinidad ha afectado cerca del 10% de los suelos (Szabolcs, 1994; Shahid *et al.*, 2013), lo que significa 1.128 millones de hectáreas (Mha), donde 683 Mha presentan altas concentraciones de sales, 288 Mha presentan altos niveles de sodio y 157 Mha son suelos que califican como salinos-sódicos (Wicke *et al.*, 2011). Una gran extensión de este tipo de suelos se ubica en Europa con 6%, en África con 8,5%, en América con 15%, en Asia con 33%, y en Australia con 37,5% (Rueda *et al.*, 2009).

De un total de 275 Mha de suelos irrigados en el mundo, entre 34 Mha y 37 Mha mostraron superficies salinas (Kovda, 1983; FAO, 2011; FAO, 2016), donde cada año 0,5 Mha se salinizan (Amezqueta, 2006), a causa del mal manejo de riego que presentan países como la ex Unión Soviética, Pakistán, Estados Unidos, China y la India dañando 2,5 ha, 3,2 ha, 5,2 ha, 7 ha y 20,2 ha, respectivamente (Postel, 1989), y perturbando en un 43% los suelos fértiles (Royo, 2003).

Latinoamérica tiene aproximadamente 31 Mha de suelos salinos (INTAGRI, 2013), destacando en regiones áridas y semiáridas, en Estados como Cuba, México, Brasil, Argentina y Perú, (FAO, 2015). En Cuba, alrededor de 1.000 ha de suelos con capacidad agrícola (14,9% en el 2011) están siendo deteriorados por la salinidad, debido a diferentes factores ambientales (ONE, 2011; Pernús y Sánchez, 2015). Por otro lado, México tiene poco más de 372.675 ha de suelos considerados salinos, a consecuencia del uso de agua para riego con alto contenido de sales (Sermanat y Sagarpa, 2010). En el Noreste de Brasil, entre el 28% y 32% son zonas irrigadas con aguas salinas (Goes, 1978; Suassuna y Audry, 1993), es decir, cuenta con 4 Mha de suelos salinos (Szabolcs, 1989). Del mismo modo, Argentina registra 412.338 ha de superficie con altas concentraciones de sales, donde el 41,3% son únicamente suelos sódicos y 58,7% son sólo suelos salinos sódicos (FAO, 2015), es por ello, la aplicación de distintos métodos que ayuden a recuperar los suelos salinos y/o sódicos. En el Perú, aproximadamente el 50% de los suelos cultivables muestran un incremento en el nivel de las sales (Campoverde, 2012). Asimismo, estudios señalan que la costa peruana presenta cerca de 306.701 ha de superficies salinas (INRENA, 2005; MINAGRI y SENAMHI, 2017), destacando importantes valles costeros tales como Lambayeque con 37 ha, Piura con 16,8 ha, Tumbes con 8,54 ha y Zarumilla con 100 ha (ONERN, 1986). En Ancash-Perú se ubica el valle bajo del río Santa, que desde 1973 hasta el 2008, se ha encontrado suelos con alta y muy alta salinidad con 5,16% y 31,96%, respectivamente; obteniendo 712.86 ha dañadas de áreas agrícolas (Campoverde, 2012).

El objetivo fue identificar la bibliografía disponible sobre los métodos para recuperar los suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad, por ser importante para la creación de nuevas políticas ambientales e informar sobre el riesgo del mal manejo de riego, que supone un aumento de las sales en los suelos cultivables.

## II. MARCO TEÓRICO:

### 2.1. Suelos salinos y/o sódicos

La aparición de costras blancas en el suelo, indican la presencia de altas concentraciones de sales solubles (Orson y Vaughn, 2003; ANR, 2018); donde el calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y el magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) predominan en el complejo de cambio (Ortiz *et al.*, 2007), en comparación al bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ); sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ); los cuales reflejan una conductividad eléctrica (CE)  $>4\text{dS/m}$ , un pH  $<8,5$  y el porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)  $<15\%$  (Fassbender y Bornemisza, 1994; Nizam, 2011; Alshammary, 2013; Wu *et al.*, 2014; FAO, 2016). Los suelos se clasifican de acuerdo a la CE que presentan a  $25^\circ\text{C}$  (Tabla 1), siendo los suelos fuertemente y extremadamente salinos, los que registran altos niveles de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Mg}^{+2}$  (Richards *et al.*, 1974; Narváez *et al.*, 2014).

Tabla 1

*Clasificación de suelos en función a la Conductividad Eléctrica (CE).*

Tipo de suelo	CE
Suelos normales	$<2\text{ dS/m}$
Suelos ligeramente salinos	2 a 4 dS/m
Suelos moderadamente salinos	4 a 8 dS/m
Suelos fuertemente salinos	8 a 16 dS/m
Suelos extremadamente salinos	$>16\text{ dS/m}$

Fuente: Richards *et al.* (1974).

El exceso de  $\text{Na}^+$  en suelos con bajos niveles de sales solubles (Ortiz *et al.*, 2007; Taleisnik y López, 2011), forma suelos sódicos, capaces de originar una hidrólisis alcalina de  $\text{CO}_3^{-2}$  y  $\text{HCO}_3^-$ , desplazando a otras bases del complejo de adsorción, con una CE  $<4\text{dS/m}$ , un pH  $>8,5$  y un PSI  $>15\%$  (Pizarro, 1985; Szabolcs, 1994; Pesqueira, 2008). Por otro lado, los suelos salinos sódicos, son el resultado de la acumulación de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  (Pérez *et al.*, 2013), con un PSI  $>15\%$ , una CE  $>4\text{dS/m}$ , un pH aproximadamente de 8,5 (Richards *et al.*, 1974; Ramos-Bello *et al.*, 2001) y una relación de absorción de sodio (RAS)  $>13\text{ mmol/l}^{1/2}$  (Richards *et al.*, 1974; Soil Survey Staff, 1999).

De tal modo, el grave problema de la acumulación de sales solubles, el exceso de  $\text{Na}^+$  intercambiable o ambas a la vez (Ortiz *et al.*, 2007; Taleisnik y López, 2011), caracterizan diferentes tipos suelos (Tabla 2), y determinan la limitación del desarrollo de las plantas en sus diferentes etapas de germinación, vegetación y crecimiento (Fassbender y Bornemisza, 1994; Sparks, 2003; Hammad y Tumeizi, 2012; Quintero, 2013).

Tabla 2

*Clasificación de suelos afectados por salinidad y sodicidad.*

Clasificación	CE (dS/m)	pH	PSI (%)
Suelos salinos	>4	<8,5	<15
Suelos sódicos	<4	> 8,5	>15
Suelos salinos-sódicos	>4	Aprox. de 8,5	>15

Fuente: Adaptado de Pesqueira (2008); Richards *et al.* (1974).

## 2.2. Causas de la salinidad y sodicidad

La salinidad en el perfil del suelo es originada por factores naturales y antrópicos (Amezketá, 2006; European Communities, 2009; Zhou *et al.*, 2013). Cuando este proceso es natural, los suelos con altos niveles de minerales primarios, debido a la erosión química y meteorización natural de las rocas (Richards *et al.*, 1974; Rázuri *et al.*, 2005), dan lugar a los carbonatos de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$ , y a medida que fluyan con el agua, desde regiones húmedas hasta regiones áridas, forman los suelos salinos y/o sódicos (Navarro y Navarro, 2013). También tienen un origen marino, ya sea por la intemperización y cercanía de los suelos a las lagunas costeras, pantanos litorales y mares, donde los fenómenos como huracanes a consecuencia de mareas transportan sales (Álvarez *et al.* 2008; Borroto *et al.*, 2011; García *et al.*, 2012; Lamz *et al.*, 2013).

En climas húmedos, los suelos salinos son lavados por las lluvias, pero en climas áridos o semiáridos no se lixivian (Badía, 1992), por la fuerte evapotranspiración existente (Richards *et al.*, 1974), como sucede en el valle de Ebro, en España, donde las escasas precipitaciones conducen a la liberación de sales en el suelo (Aragüés y Alberto, 1978). La ocurrencia de la salinidad, también se debe a los patrones naturales de drenaje (Guida-Johnson *et al.*, 2016) y a la elevación de aguas salinas subterráneas, haciendo que por capilaridad asciendan hasta la superficie donde se evapora el agua y se acumulan las sales, mostrando suelos con costras salinas (Lavado, 2008), además de las áreas cercanas a minas y bóvedas salinas (USDA, 1954; Borroto *et al.*, 2011).

Por otro lado, la salinidad en su mayoría es inducida por la actividad humana, desde inadecuadas prácticas de manejo de suelo y riego con aguas salinas (Ghazouani *et al.*, 2015; Rameshwaran *et al.*, 2016; Tozzi *et al.*, 2017), hasta el aumento en el exceso de bombeo, que en consecuencia genera intrusión salina en sectores costeros (Mateo-Sagasta y Burke, 2012; Fox, 2013; Daliakopoulos *et al.*, 2016). Además ocurre por el cambio de la vegetación perenne de raíces profundas por cultivos de raíces poco profundas (Hatton *et al.*, 2003), ya que se eleva la capa freática por evapotranspiración, ocasionando salinidad en los suelos (Rengasamy, 2006; Coras *et al.*, 2014).

## 2.3. Efectos en las propiedades de los suelos salinos y/o sódicos

El problema de la salinidad genera una pérdida en la calidad de las propiedades físicas del suelo, disminuyendo la porosidad, permeabilidad (Jenks y Hasegawa, 2005; Macías y Muñoz-Cobo, 2005; Girón-Ríos *et al.*, 2009) y retención de agua, debido a la acumulación de cationes ( $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ) que provocan la dispersión de arcillas (Díaz,

2006), haciendo que aumente el espesor de la capa que rodea a la partícula de arcilla, lo que incrementa la fuerza de repulsión entre ellas, por ende altera la geometría de los poros (Pla Sentis, 1969), desplazando a los coloides orgánicos a la superficie del suelo y a los minerales hacia horizontes inferiores, incrementando la toxicidad en las plantas por exceso de sodio (Ramirez, 2016) e induciendo a la degradación y a la desertificación de las tierras agrícolas.

Cuando los suelos sódicos son lavados constantemente con soluciones diluídas de  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  y  $\text{CaSO}_4$ , el complejo de cambio se enriquece con cationes divalentes (Misra, 1961), produciendo un efecto severo en la permeabilidad de los suelos, ya que la deja sin minerales solubles, especialmente sin  $\text{Ca}^{+2}$ , reduciendo su estabilidad sobre los agregados y la estructura del suelo, además favoreciendo la dispersión y la obstrucción de los poros más finos (Ayers y Westcost, 1985; García, 2012), perjudicando al suelo y al desarrollo de las plantas (Marchese, 2017).

#### 2.4. Efectos en el crecimiento de las plantas

La salinización es un factor limitante para la producción de cultivos agrícolas (Tabla 3) en zonas áridas y semiáridas (Ayers y Westcost, 1985; Fassbender y Bornemisza, 1994; Hammad y Tumeizi, 2012). El alto contenido de sales solubles genera toxicidad en los cultivos, ocasiona estrés salino, retarda el desarrollo de las plántulas (Narváez *et al.*, 2014; FAO, 2016), reduce su capacidad osmótica e incrementa la pérdida de turgencia, provocando el marchitamiento de la planta (Flores, 1991), además restringe la absorción del agua por las raíces, como sucede con los cultivos de camote (*Ipomoea batatas* L.); (Morales *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006; Rodríguez, 2017), lo que repercute en la reducción de la presión hidrostática, aumentando macromoléculas y solutos de bajo peso molecular (Mengel y Kirby, 1987), y disminuyendo la densidad estomática y el grosor foliar de las plantas, como ocurre con la planta de lechosa (*Carica papaya* L.); (Parés *et al.*, 2008).

Tabla 3

*Efectos de niveles críticos de salinidad en los cultivos.*

CE dS/m	Categoría	Observaciones
0 – 2	No salino	Sin restricciones para los cultivos.
2 – 4	Ligeramente salino	Restricciones moderadas para algunos cultivos.
4 – 8	Medianamente salino	Preferir cultivos tolerantes.
8 – 16	Fuertemente salino	Disminución de rendimiento en la mayoría de los cultivos.
>16	Extremadamente salino	Baja de rendimiento y calidad en cultivos tolerantes.

Fuente: Pizarro (1985).

Los niveles de salinidad en los campos agrícolas se miden a través de la CE real del suelo en contacto con la zona radicular de diferentes cultivos (Londoño, 2016), asimismo, de forma cualitativa los agricultores saben de la presencia de altas concentraciones de sales al observar los efectos que tienen estas sobre las plantas, mostrando un gran porcentaje de pérdida en el rendimiento de cultivos (Tabla 4), como el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), se ven significativamente afectados en la etapa de germinación y emergencia (Hergert y Knudsen, 1977; Casierra-Posada *et al.*, 2013; Ruíz *et al.*, 2014).

Tabla 4

*Porcentaje de pérdida de cultivos en relación a la Conductividad Eléctrica (CE).*

Cultivos	0% pérdida		10% pérdida		25% pérdida	
	CEe dS/m	CEw dS/m	CEe dS/m	CEw dS/m	CEe dS/m	CEw dS/m
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1
Melón	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8
Olivo	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7
Papa	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Limonero	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2

CEe: Conductividad eléctrica del suelo saturado con agua a 25°C.

CEw: Conductividad eléctrica del agua de irrigación a 25°C.

Fuente: Adaptado de Hergert y Knudsen (1977).

Por otro lado, el excesivo lavado de los suelos, genera un incremento de iones tóxicos para la planta, el cual disminuye la absorción de nutrientes e inhibición enzimática, donde el  $\text{Ca}^{+2}$  o  $\text{Mg}^{+2}$  pueden intercambiarse por el  $\text{Na}^{+}$  y así generar toxicidad por sodificación (Porta *et al.*, 2003), en consecuencia, reduce la disponibilidad del  $\text{K}^{+}$  y muestra cambios en el metabolismo de azúcares, proteínas y lípidos; por ende afecta a la calidad organoléptica de los cultivos, como el arroz que se ven afectados en la fase vegetativa y reproductiva cuando llegan a una CE >1.67 dS/ (Salas, 2015; Aguilar *et al.*, 2017).

El estrés salino provoca cambios fisiológicos y bioquímicos en las plantas, por lo que muchas han conseguido adaptarse a estos medios (Hamidov *et al.*, 2007; Yu *et al.*, 2011; Lamz *et al.*, 2013). El efecto de la salinidad ocasiona graves daños celulares en algunas plantas, aunque otras se vuelven tolerantes a altas concentraciones de sales, en la medida en que no retarde su desarrollo (Awad, 1996), como la gramínea, el piñón de tempate (*Jatropha curcas*), la stevia (*Stevia rebaudiana*), la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), el lomboy (*Jatropha cinérea*) y el maíz amarillo (García, 2009; Hishida *et al.*, 2013; Reyes-Pérez, 2013; Ríos *et al.*, 2013; Gonzáles, 2016; Ramírez-Suarez y Hernández-Olivera, 2016), porque almacenan sales en sus vacuolas (Mesa, 2003).



En contraste, las plantas leguminosas son más sensibles a las sales sódicas, ya que el efecto del sodio puede llegar a causar la reducción de la floración y la nodulación (Bower *et al.*, 1952; Bernstein, 1959), sin embargo, algunas plantas muestran signos de tolerancia a las sales, como en el frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp), por la compartimentación de iones en las raíces y hojas, pero otras presentan el retardo y/o inhibición en la germinación (Leidi y Pardo, 2002; Laynez-Garsaball *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2013).

## **2.5. Métodos para recuperar suelos salinos y/o sódicos**

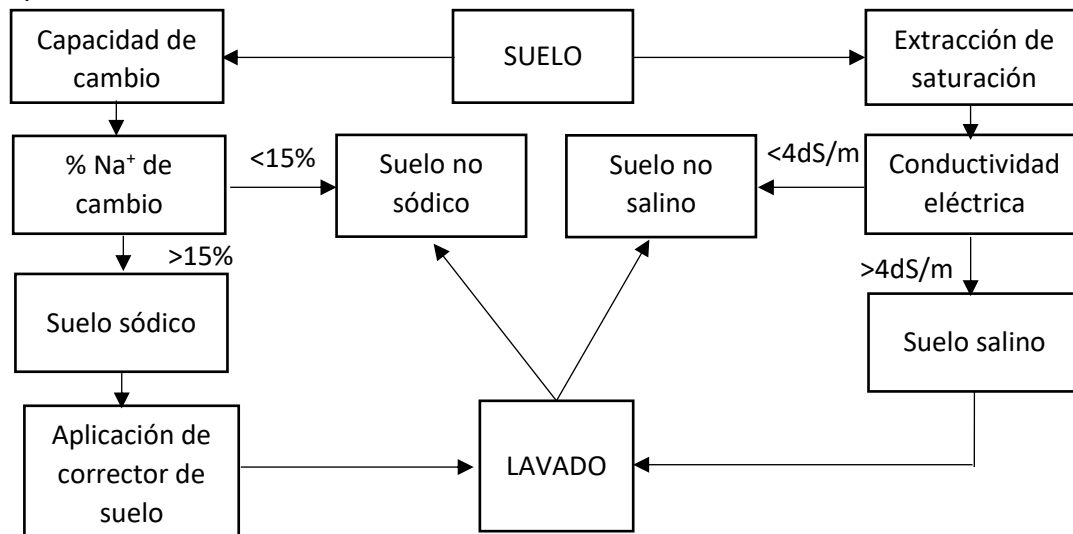
Por lo general, para recuperar suelos salinos y/o sódicos se utilizan dos técnicas básicas, el lavado y la aplicación de enmiendas químicas (Pizarro, 1985), los cuales pueden ser complementados con labranzas profundas, subsolados, mezclados de arena, materia orgánica, cocteles microbianos, forrajes con gramíneas y métodos eléctricos, para aumentar la eficiencia de las técnicas básicas (Orsag, 2010; Zuñiga *et al.*, 2011; Toll *et al.*, 2016; Álava *et al.*, 2017).

### **2.5.1. Método del lavado**

Una de las técnicas más utilizadas es el lavado (Figura 1), que consiste en pasar una cantidad de agua a través del suelo salino para arrastrar las sales fuera de la zona radicular (Fassbender, 1975; Rhoades y Loveday, 1990; Manzano *et al.*, 2014), hasta niveles tolerables para los cultivos o para recuperar los suelo salinos (Orsag, 2010; Centurión *et al.*, 2014).

En primer lugar, es recomendable retirar la vegetación existente sobre las parcelas y realizar una labranza, para descompactar el suelo y favorecer la infiltración del agua (Torres, 2008; Ramirez, 2016), luego nivelar el terreno y formar camellones (Badía, 1992; Orsag, 2010). Asimismo, es primordial fraccionar el agua en varias aplicaciones (Mau y Porporato, 2015), para elevar la humedad del suelo a capacidad de campo (Navarro y Navarro, 2013). A medida, que 5 y 10mm de agua van pasando por el perfil del suelo, desplazan en un 80% las sales solubles (Sharma y Gupta, 1986), como NaCl, MgCl<sub>2</sub> y MgSO<sub>4</sub>, hacia horizontes profundos, sin embargo, el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tarda más tiempo en disolverse, formando precipitados que no son arrastrados por el agua, por ello, la aplicación de este método es más eficaz durante las estaciones cálidas (González *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2016).

Figura 1. Esquema simplificado para diagnosticar los suelos salinos y/o sódicos y recuperarlos mediante el método del lavado.



Fuente: Navarro y Navarro (2013).

Una de las ventajas del lavado, es que no ocasiona comportamientos significativamente diferentes, en la mayoría de los parámetros bióticos, pero en cantidades no controladas de riego, provoca pérdidas de algunos nutrientes, como el nitrógeno (N), por ello es importante compensarlas con la aplicación de fertilización (Serrato *et al.*, 2002; Gili *et al.*, 2003; Orsag, 2010), como la adición de materia orgánica (Villafañe *et al.*, 1999), ya que ayuda a restaurar suelos salinos sódicos con  $\text{CaCl}_2$ , donde mejora el balance catiónico y el contenido de nutrientes (Sastre-Conde *et al.*, 2015).

El problema de este método se presenta cuando hay escasez de agua, por ende el aprovechamiento de las aguas residuales, caracterizados y estudiados previamente, es una alternativa sustentable para reducir en un menor porcentaje las sales en el suelo (Sánchez *et al.*, 2012; Pacheco de Oliveira *et al.*, 2016), además de la utilización de fuentes subterráneas, pero empleando medidas de seguridad que controlen las sales de estas aguas (Vásquez *et al.*, 2006; Ortega y Orellana, 2007; Aparicio *et al.*, 2014; Palacios-Vélez y Pedraza-Oropeza, 2015; González-Acevedo *et al.*, 2016). Asimismo, las espumas resultado de la industria azucarera, se utilizan para aportar  $\text{CaCO}_3$  a los suelos sódicos, los cuales son solubles y ayudan a mejorar las propiedades del suelo (Sánchez *et al.*, 2012).

### 2.5.2. Métodos químicos

La sodificación en suelos, es más difícil de tratar, puesto que se tiene que intercambiar el  $\text{Ca}^{+2}$  por el  $\text{Na}^+$ , y además se tiene que mejorar sus propiedades físicas para facilitar el lavado del  $\text{Na}^+$  (Orsag, 2010). El  $\text{Ca}^{+2}$ , puede provenir de los minerales existentes en los suelos, del agua para los riegos o de enmiendas químicas, como el aporte de yeso, azufre, ácido sulfúrico, caliza y otros dispersantes, para favorecer la sustitución (Badía, 1992; Longo *et al.*, 2005; Kavak y Akyarlı, 2007; Pernús y Sánchez, 2015; Román, 2017; Zerega, 2017).

### a. Yeso

La aplicación de yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ); (Costa y Godz, 1999; Rodrigues da Silveira *et al.*, 2008) y fosfoyeso es una de las enmiendas más usadas (Gharaibeh *et al.*, 2014), para desplazar el sodio en el suelo, debido a su bajo costo en el mercado (*et al.*, 2001; Zerega, 2017; Ghafoor). La aplicación se inicia, con el voleo del yeso sobre la superficie del suelo, para luego realizar el arado, asimismo se logran los mismos resultados al añadir este producto en el riego, entre 2 y 5 mm (Zuñiga, 2015). También, es recomendable lavar los suelos, para que la enmienda se distribuya en profundidad (Trasviña *et al.*, 2018). Pasado un tiempo, cuando el yeso, es importante evacuar el  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Iglesias *et al.*, 2002). La cantidad de yeso a utilizar es calculado mediante la fórmula de Schoonover (Richards *et al.*, 1974), donde el CIC es la capacidad de intercambio catiónico, y el  $\text{PSI}_0$  y el  $\text{PSI}_f$  son los porcentajes de sodio intercambiables inicial y final, respectivamente (Badía, 1992).

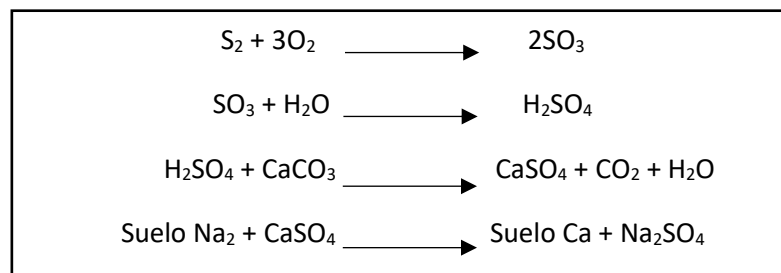
$$\text{Requerimiento de yeso (cmol/Kg)} = \text{CIC} (\text{PSI}_0 - \text{PSI}_f) / 100$$

La aplicación del yeso sobre el suelo, tiende a mejorar las propiedades del suelo y el rendimiento de cultivos, pero no lo logra resultados similares al de un suelo normal, evidenciando un bajo rendimiento en los granos y forrajes de la alfalfa y soja (Quintero *et al.*, 2003; Milán y Bonadeo, 2017). A pesar de ello, el problema más grande de esta técnica, es que si se realizan excesivos lavados pueden dispersar las arcillas del suelo, es por eso, que se debe aplicar el yeso de acuerdo a las características del suelo a tratar (Wilson *et al.*, 2004; Taboada y Lavado, 2009; Orsag, 2010). Por otra parte, una alternativa, más barata y eficiente para recuperar suelos sódicos se da mediante el uso de escorias industriales estudiadas y tratadas, por su gran contenido de óxidos de calcio y magnesio, que permiten el desplazamiento del sodio (Peregrina *et al.*, 2008; Larsson *et al.*, 2015).

### b. Azufre

Otras de las enmiendas a utilizar es el azufre ( $\text{S}_2$ ), porque ayuda a mejorar los suelos sódicos y aumenta el rendimiento de los cultivos (Longo *et al.*, 2005; El-Tarabily *et al.*, 2006). El  $\text{S}_2$  pasa por una serie de transformaciones antes de actuar sobre el suelo sódico (Figura 2), teniendo como condición la presencia del carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), con el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dando como resultado sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4$ ), por último, para reaccionar con el suelo, donde ocurre el intercambio del calcio por el sodio (Orsag, 2010; Abdelhamid *et al.*, 2013). No obstante, la actuación del azufre en el suelo es lento, debido a la acción microbiana que oxida el azufre, hasta formar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Balbaa, 1995; Wei *et al.*, 2006), por ello, estos suelos no deben ser lavados en un determinado tiempo, pero deben estar húmedos para disminuir la acidez (Orsag, 2010; Ramirez, 2016).

Figura 2. Reacciones químicas del azufre, previo a la actuación sobre el suelo.



Fuente: Orsag (2010).

### c. Ácido sulfúrico

La aplicación de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) es empleado con el propósito de cambiar el sodio del suelo en el complejo coloidal por otro catión (Sadiq *et al.*, 2007; Pernús y Sánchez, 2015), para así reducir el porcentaje de sodio y mejorar la fertilidad del suelo (Zia *et al.*, 2007; Figueroa *et al.*, 2015). Pero estos métodos no son fáciles de realizar y son muy costos para grandes extensiones de terreno, ya que se utiliza abundantes cantidades de este producto, e incluso en algunos casos se requiere de maquinarias especiales para poder aplicar en el suelo (Ruiz *et al.*, 2007).

El  $H_2SO_4$  reacciona más rápido que el azufre (Mace *et al.*, 1999), pero es primordial la presencia de  $CaCO_3$ , para formar  $CaSO_4$ , sino provoca una acidez en el suelo, por eso es importante conocer las propiedades físicas y químicas del suelo, antes de aplicar alguna enmienda (Orsag, 2010). Por otra parte, el  $CaSO_4$ , ayuda en la reducción de tóxicos como  $Na^+$  y  $K^+$  (Flores *et al.*, 2014), mejorando el rendimiento, el tamaño y el peso de los cultivos, como la nuez pecanera (Figueroa *et al.*, 2015).

### d. Caliza

La aplicación de caliza ( $CaCO_3$ ) se emplea en suelos con un  $pH < 7.5$  y con ausencia de carbonatos, por ello, contiene grandes cantidades de agua (Kamaluddin y Buensuceso, 2002; Orsag, 2010). En algunos casos, la cal existe de forma natural en el suelo con una baja solubilidad, en consecuencia genera una fragilidad en el suelo (Kavak y Akyarlı, 2007; Ninov y Donchev, 2008; Li *et al.*, 2012), sin embargo, esta aumenta con la presencia de  $CO_2$ , para formar bicarbonato de calcio [ $Ca(HCO_3)_2$ ] y disminuir el  $pH$  del suelo (Ramirez, 2016).

### e. Otros productos dispersantes

El uso de dispersantes, como Dispersal, Saltrad y Gypcal, son mejoradores que ayudan a desplazar las sales presentes en el suelo, para mejorar el rendimiento de los cultivos, como el maíz (*Zea mays* L.), por lo que ayuda en el proceso del lavado del suelo (Román, 2017), asimismo el dispersante AgBlend y biosol redujeron la CE del suelo, junto con procesos de lavado (Rivera *et al.*, 2015; Torres *et al.*, 2015). La combinación de fertilizantes minerales y desalinizadores, como el fosfato amónico, nitrato de amonio y nitrato de potasio con TRADEsal, permitieron la producción de coliflor y repollo en suelos salinos (Vazquez, 2010).

### 2.5.3. Técnicas Complementarias

#### a. Labranzas profundas

Esta técnica complementaria tiene la función de romper las capas compactadas en el suelo que impiden el paso del agua (Yu *et al.*, 2011; Sastre-Conde *et al.*, 2015), mediante la labranza profunda para cortar los terrones de tierra y permitir el ascenso capilar proveniente de aguas subterráneas (Hervé *et al.*, 1999; Xiong *et al.*, 2011; Xiong *et al.*, 2012), por evapotranspiración en épocas cálidas (González *et al.*, 2011).

#### b. Subsolado y nivelación

El uso de subsoladores, ya que va a romper las capas duras e impermeables del suelo, para facilitar el drenaje, además se deben tomar precauciones a la hora de hacer uso de estas, puesto que si el nivel freático tiene baja presión puede elevarse y afectar nuevamente al suelo (Flores, 1991; Araya *et al.*, 2012; Ramirez, 2016). También, es importante la nivelación para el control de sales, porque permite una distribución regular del agua (García, 2003; Zerega, 2017).

#### c. Mezclas con arena

La adición de arena, se aplica solo en la superficie del terreno de un suelo salino con arcilla, para ayudar a la permeabilidad de este, facilitar la adhesión y el crecimiento de las raíces de plántulas de *P. tamarugo*. (León *et al.*, 2017), y mejorar las condiciones hidrofísicas del suelo. Se aplica solo en la parte superficial del suelo (Flores, 1991; Ramirez, 2016), para luego realizar un lavado del suelo (Badía, 1992) y aplicar alguna enmienda química y/o orgánica (Orsag, 2010).

#### d. Materia orgánica

Una de las alternativas para rehabilitar los suelos afectados por salinidad y/o sodicidad, se realiza con la aplicación de enmiendas a base de materia orgánica (Wu *et al.*, 2017), que van a mejorar la estructura y permeabilidad del suelo, y van a liberar CO<sub>2</sub>, para aumentar la solubilidad del CaCO<sub>3</sub>, y así reducir el estrés salino y la pérdida de nutrientes por lavado (Rodríguez, 2009; Saranraj y Stella, 2012). Considerando que los suelos salinos tienen un nivel bajo en carbono orgánico, una fijación inestable de nutrientes (Martínez *et al.*, 2009; Mogollón, 2010), el crecimiento de las plantas y la descomposición de la poca materia orgánica existente se verán afectados (De la Cruz *et al.*, 2010; Setia *et al.*, 2011), es por ello, la aplicación enmiendas orgánicas, como el vermicompost, la vinaza y biocarbón.

El vermicompost suministra carbono y permite la incorporación del material húmico al suelo (Mogollón *et al.*, 2016), el cual ayuda al proceso de recuperación de los suelos salinos (Hernández-Araujo *et al.*, 2011; Hanco, 2017), ya que inhibe la mineralización y es fuente de alimentación de las lombrices de tierra que van a modificar la actividad cambiante, permitiendo contrarestar el proceso de degradación del suelo. Lo más importante es que va a permitir que el suelo este en buenas condiciones para que se dé el proceso de lavado para desplazar a las sales (Vázquez, 2018). Este técnica aumenta en un 50% su eficiencia, cuando actúa junto a la cal agrícola (Hanco, 2017), especialmente cuando se trabaja con estiércol de bobino (Hernández-Araujo *et al.*,

2013) y extracto de *Opuntia ficus-indica* de España (Torres *et al.*, 2015). Por otro lado, el uso de vinaza y biocarbón, permiten disminuir el PSI, la CE e incrementar los nutrientes en el suelo, para mejorar el crecimiento de los cultivos (Manyari, 2016).

#### **e. Cocteles microbianos**

El empleo de organismos vivos para la recuperación de los suelos afectados por salinidad, son métodos muchos más baratos que los otros mencionados, como la aplicación de *Trichoderma harzianum* más bovinaza de cascarilla de arroz (Álava *et al.*, 2017), además generan menos impacto en el ambiente (Zúñiga *et al.*, 2011; Mogollón, 2014). El uso de bacterias halófitas, capturan el sodio presente en el suelo (Sánchez y Arguello, 2006), aislándolos del medio, al igual que las cepas de rizobios (López *et al.*, 2011), en contraste solo limita el desarrollo de las plantas de tomate (Rodríguez, 2017).

#### **f. Forrajes y micorrizas**

La adición de biomasa de grama Rhodes mejora las propiedades químicas y físicas del suelo, ya que reduce los niveles de pH y CE; además la contribución de residuos vegetales aumenta significativamente componentes orgánicos al suelo (Pérez *et al.*, 2011; Toll *et al.*, 2016). Asimismo, la incorporación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), permite una mayor absorción del agua y nutrientes a través de la raíz, en general mejoran el crecimiento de las plantas en condiciones de estrés salino (Fernández-Martin *et al.*, 2010; García *et al.*, 2015; Medina-García, 2016; Cardona *et al.*, 2017), sin embargo, otros autores señalan que el exceso de HMA indica la infectividad en relación al volumen de la raíz, área foliar y peso seco del follaje de la planta (Tapia-Goné *et al.*, 2010).

#### **g. Métodos eléctricos y magnéticos**

El tratamiento del agua de riego con electricidad y magnetismo (Zuñiga *et al.*, 2011), mejora la remoción de sales y  $\text{Na}^+$  en las capas superiores del suelo, disminuyendo el contenido de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$  a la mitad del contenido inicial (Abou-Shady, 2016; Zlotopolski, 2017), debido a que acelera la actividad microbiana para la descomposición orgánica, y facilita la captación de nutrientes de los fertilizantes, para reducir el tiempo de recuperación de los suelos salinos sódicos (Cuero y Tulande, 2004; Peña *et al.*, 2011).

### III. CONCLUSIONES

A nivel mundial, cerca de 37 Mha, presentan problemas de salinidad y/o sodicidad en el perfil del suelo, por inadecuadas prácticas de manejo de suelo y riego, este último por exceso de aguas salinas, que en consecuencia genera la disminución de la densidad estomática y el grosor foliar de la *Carica papaya* L, sin embargo, pocas plantas como las gramíneas se han adaptado a las sales, por ello, es importante el uso de métodos como el lavado y el drenaje, que arrastran las sales fuera de la zona radicular hasta niveles tolerables para los cultivos o para recuperar los suelos salinos, pero con riegos no controlados, provoca pérdida de nutrientes, por este motivo, se compensa con la adición de vermicompost, vinaza, biocarbón, forrajes (*Chloris gayana* Kunth) y micorrizas.

Por otro lado, el lavado tarda en disolver la sal sódica, por lo tanto, es indispensable el tratamiento del suelo con enmiendas químicas como el yeso, fosfoyeso, azufre, ácido sulfúrico, calcita, Dispersal, Saltrad y Gypcal, los cuales ayudan a intercambiar el  $\text{Ca}^{+2}$  por el  $\text{Na}^{+}$ , para facilitar el arrastre del sodio. Además, el lavado se complementa con actividades como labranza profunda con subsoladores, nivelación y adición de arena en el terreno, para permitir una mejor distribución regular del agua. Asimismo, el empleo de bacterias halofitas como la *Trichoderma harzianum*, aísla el  $\text{Na}^{+}$  presente en el suelo y el electromagnetismo acelera el proceso de recuperación de suelos salinos y/o sódicos.

Uno de los problemas primordiales para el lavado del suelo, es la escasez del agua y el límite de costos, por ello, el uso de alternativas sustentables y eficientes como el aprovechamiento de aguas residuales y de otros subproductos como las escorias industriales controladas, ayudan a reemplazar las enmiendas químicas, incorporando óxidos de  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$ , quienes van a desplazar al  $\text{Na}^{+}$ , para no solo poder lavar el suelo, sino adicionar nutrientes a su perfil.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelhamid, M.; Eldardiry, E. y El-Hady, M. (2013). Ameliorate salinity effect through sulphur application and its effect on some soil and plant characters under different water quantities. *Agricultural Sciences*, volumen 4, 39-47. Doi: 10.4236/as.2013.41007
- Abou-Shady, A. (2016). Reclaiming salt-affected soils using electro-remediation technology: PCPSS evaluation. *Science Direct*, volumen 190, 511-520. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.01.036>
- Aguilar, M.; Fernández-Ramírez, J.; Aguilar-Blanes, M. y Ortiz-Romero, C. (2017). Rice sensitivity to saline irrigation in Southern Spain. *Agricultural Water Management*, volumen 188, 21-28. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.027>
- Álava, D. y Haz, E. (2017). *Aplicación de cocteles microbiano y bovinaza-cascarilla de arroz para la recuperación de muestras de suelos salinos del sitio Correagua, Manabí* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/613>
- Alshammary, S. (2013). Effect of salinity on ion relations of four turfgrasses. *Journal of Food Agriculture and Environment*, volumen 11 (2), 1321-1326. Recuperado de [https://www.academia.edu/37639322/Effect\\_of\\_salinity\\_on\\_ion\\_relations\\_of\\_four\\_turfgrasses](https://www.academia.edu/37639322/Effect_of_salinity_on_ion_relations_of_four_turfgrasses)
- Álvarez, A.; Baños, R. y Otero, L. (2008). Salinidad y uso de aguas salinas para la irrigación de cultivos y forrajes en Cuba. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, volumen 2 (1), 1-12. Recuperado de [http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20CIMAGT/Rev.Vol.2%20No.1,%202008/Vol.2\(1\)08Aurelio.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20CIMAGT/Rev.Vol.2%20No.1,%202008/Vol.2(1)08Aurelio.pdf)
- Amezketá, E. (2006). An integrated methodology for assessing soil salinization, a precondition for land desertification. *Journal of Arid Environments*, volumen 67 (4), 594-606. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.010>
- ANR. (2018). *Consejos sobre sequía. Recuperar los suelos salinos, sódicos y salinos sódicos*. California, USA: Universidad de California. Recuperado de <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8629.pdf>
- Aparicio, V.; Barbacone, A. y Costa, J. (2014). Efecto de la calidad del agua de riego complementario sobre algunas propiedades químicas edáficas. *Ciencia del Suelo*, volumen 32 (1), 95-104. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4801418>
- Aragüés, R. y Alberto, F. (1978). El proceso de recuperación de dos suelos salinos de la Depresión Media del Ebro. I. Evolución de la conductividad eléctrica, conductividad hidráulica y pH durante el lavado. *An. Estac. Exp. Aula Dei*,



volumen 14 (1/2), 230-244. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/21375>

Araya, A.; Xiong, X.; Zhang, H.; Araya, K.; Teramoto, C.; Kataoka, T.; Ohmiya, K.; Liu, F.; Jia, H.; Zhang, C.; Zhu, B.; Wang, N. y Meng, Q. (2012). Deep Tillage Plough down to 600 mm for Improvement of Salt-affected Soils: Part 2: Draught and Vertical Force Induced on Plough by Brittle Fracture. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, volumen 5 (2), 42-49. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1881-8366\(12\)80013-9](https://doi.org/10.1016/S1881-8366(12)80013-9)

Awad, M. (1996). *Las Plantas en los suelos salinos y alcalinos*. La Molina, Perú, IICA-Zona Andina.

Ayers, R. y Westcot. (1985). *Water quality for agriculture*. Roma: Irrigation and Drainage, FAO. Recuperado de [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/tmdl/records/state\\_board/1985/ref2648.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/tmdl/records/state_board/1985/ref2648.pdf)

Badía, D. (1992). *Suelos afectados por sales*. Barcelona: Unitat d'Ecologia (UAB) Bellaterra. Recuperado de <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000120/00000090.pdf>

Balbaa, A. (1995). *Management of problem soils in arid ecosystems*. Roma: CRC/Lewis Publishers, Boca Raton. Recuperado de <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000120/00000090.pdf>

Bernstein, L. (1959). *Soil salinity and salt tolerance of vegetable crops in the west*. US. Departament of Agriculture. Recuperado de <https://sfyl.ifas.ufl.edu/media/sfylifasufledu/miami-dade/documents/disaster-preparation/post-hurricane-and-disaster/Soilsalinityinfodraft.pdf>

Borroto, M.; Machado, J. y La Guardia, T. (2011). Impacto ambiental de la degradación paulatina de los suelos en la región sur de las provincias de La Habana y Pinar del Río. *Instituto de Suelos*, (8022). Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar03/HTML/articulo06.htm>

Bower, C.; Reitemeir, R. y Fireman, M. (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, volumen 73 (4), 251 – 261. Doi: 10.1097/00010694-195204000-00001

Campoverde, L. (2012). *Evaluación de áreas agrícolas con problemas de salinización para uso potencial en acuicultura en el valle bajo del río Santa, Ancash-Perú* (Tesis de doctorado). Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5928>

- Cardona, W.; Gutiérrez, J.; Monsalve, O. y Bonilla, C. (2017). Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, volumen 11* (2), 253-266. Doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.6109>
- Casierra-Posada, F.; Arias-Aguirre, J. y Pachón, C. (2013). Efecto de la Salinidad por NaCl en Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Orinoquia, volumen 17* (1), 23-29. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5441138>
- Centurión, H. y Flores, H. (2014). *Propuesta de recuperación de un suelo salino mediante la técnica de riego por aspersión y drenaje en la instalación del cultivo de alfalfa en el predio Doña Carmelita distrito de Pueblo Nuevo provincia de Chepén* (Título de pregrado). Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9840>
- Coras, P.; Ontiveros, R. y Diakite, L. (2014). Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, volumen 5* (4), 537-548. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000400001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000400001&lng=es&tlng=es).
- Costa, J. y Godz, P. (1999). Aplicación de yeso a un Natracuol del sudoeste de la Pampa Deprimida. *Ciencia del Suelo, volumen 17* (2), 21-27. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/242386649\\_APLICACION\\_DE\\_YESO\\_A\\_UN\\_NATRACUOL\\_DEL\\_SUDESTE\\_DE\\_LA\\_PAMPA\\_DEPRIMIDA](https://www.researchgate.net/publication/242386649_APLICACION_DE_YESO_A_UN_NATRACUOL_DEL_SUDESTE_DE_LA_PAMPA_DEPRIMIDA)
- Cuero, R. y Tulande, R. (2004). *Evaluación de la estimulación magnética con campo magnético variable en la cachaza seca y en el período de compostaje de la cachaza verde de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) tratadas con microorganismos benéficos*. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000105&pid=S0304-2847201100010000300007&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000105&pid=S0304-2847201100010000300007&lng=en)
- Daliakopoulos, I.; Panagea, I.; Tsanis, I. y Schwilch, G. (2016). Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): a participatory approach. *Solid Earth, volumen 7*, 177-190. Recuperado de <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016SolE....7..177P>
- De La Cruz, E.; Osorio, R.; Martínez, E.; Lozano, A.; Gómez, A. y Sánchez, R. (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia, volumen 35* (5), 363-368. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/339/33913153008/>
- Díaz, O. (2006). *Riego por gravedad*. Colombia: Editorial de la Universidad del Valle. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=MFad1TnHAIQC&dq=Riego+por+grav>

edad.+Programa+Editorial+Universidad+del+Valle.+Cali,+Colombia.&source=gs\_navlinks\_s

- El-Tarabily, K.; Abdou, A.; Maher, E. y Satoshi, M. (2006). Isolation and characterization of sulfuroxidizing bacteria, including strains of Rhizobium, from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (*Zea mays* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, volumen 57 (1), 101-111. Doi: <https://doi.org/10.1071/AR04237>
- European Communities. (2009). *Salinization and sodification*. Europa: Sustainable Agricultural and Soil Conservation. Recuperado de <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/ENFactSheet-04.pdf>
- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Roma, y Mundi-Prensa, Madrid: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
- FAO. (2015). *Erosión, pérdida de carbono orgánico y salinización son las principales amenazas a los suelos de América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/360627/>
- FAO. (2015). *Estudio del potencial de ampliación del riego en Argentina*. Roma, Italia: UCAR - PROSAP. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5183s.pdf>
- FAO. (2016). *AQUASTAT Main Database*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/nr/aquastat/>
- FAO. (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina (2 ed)*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/44730842\\_Quimica\\_de\\_suelos\\_con\\_énfasis\\_en\\_suelos\\_de\\_America\\_Latina\\_Hans\\_W\\_Fassbender](https://www.researchgate.net/publication/44730842_Quimica_de_suelos_con_énfasis_en_suelos_de_America_Latina_Hans_W_Fassbender)
- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina (1 ed)*. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- Fernández-Martin, F.; Dell Amico, J.; Alarcón, J.; Nicolás, E. y Pedrero, F. (2010). *Mejora del rendimiento del cultivo del arroz mediante la aplicación de micorrizas aisladas en condiciones salinas*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/258406347\\_Mejora\\_del\\_rendimie](https://www.researchgate.net/publication/258406347_Mejora_del_rendimie)

nto\_del\_cultivo\_del\_arroz\_mediante\_la\_aplicacion\_de\_micorrizas\_aisladas\_e  
n\_condiciones\_salinas

- Figueroa, U.; Medina, D. y Chávez, J. (2015). Uso de ácido sulfúrico en el mejoramiento de la sodicidad del suelo y la producción de nuez pecanera. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica, volumen 6 (2)*, 219-224. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2303610>
- Flores, A. (1991). *Suelos Salinos y Sódicos*. Habana: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Riego. Recuperado de [https://www.academia.edu/2770265/Suelos\\_salinos\\_y\\_s%C3%B3dicos](https://www.academia.edu/2770265/Suelos_salinos_y_s%C3%B3dicos)
- Flores, E., Flores J. y Tórrez, J. (2014). Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato ( $\text{Ca}(\text{SO}_4)1/2\text{H}_2\text{O}$ ) en la comunidad de Yotala. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias*, 221-246. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4883717z>
- Fox, E. (2013). *Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la Cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980-2003)* (Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4809>
- García, A. (2003). *Manejo de suelos con acumulación de sales*. Ecuador: VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2-Manejo-de-suelos-con-acumulacion-de-sales-Garcia-A.pdf>
- García, A. (2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego*. International Plant Nutrition Institute. IAH. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/$FILE/Art%205.pdf)
- García, F.; Palacio, C. y García, U. (2012). Distribución vertical de temperatura y salinidad en el área costera de Santa Marta (Colombia). *Dyna, volumen 79 (171)*, 232-238. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49623207030>
- García, M.; Medina, E. y Villafañe, R. (2009). Acumulación de iones y solutos orgánicos en hojas de plantas de caña de azúcar cultivadas en dos tablones comerciales afectados por sales. *Bioagro, volumen 21 (2)*, 87-98. Recuperado de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=85714162002>
- García, R.; Núñez, C. y Montañó, N. (2015). *Hongos micorrízicos arbusculares en suelos salinos agrícolas de San Andrés Mixquic, Tláhuac, ciudad de México*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/299461617\\_HONGOS\\_MICORRIZICOS\\_ARBUSCULARES\\_EN\\_SUELOS\\_SALINOS\\_AGRICOLAS\\_DE\\_SAN\\_ANDRES\\_MIXQUIC\\_TLAHUAC\\_CIUADAD\\_DE\\_MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/299461617_HONGOS_MICORRIZICOS_ARBUSCULARES_EN_SUELOS_SALINOS_AGRICOLAS_DE_SAN_ANDRES_MIXQUIC_TLAHUAC_CIUADAD_DE_MEXICO)

- Ghafoor, A.; Gill, M.; Hassan, A. y Qadir, M. (2001). Gypsum: An Economical Amendment for Amelioration of Saline Sodic Waters and Soils, and for Improving Crop Yields. *Int. J. Agri. Biol., volumen 3 (3)*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/240640292\\_Gypsum\\_An\\_Economical\\_Amendment\\_for\\_Amelioration\\_of\\_Saline\\_Sodic\\_Waters\\_and\\_Soils\\_and\\_for\\_Improving\\_Crop\\_Yields](https://www.researchgate.net/publication/240640292_Gypsum_An_Economical_Amendment_for_Amelioration_of_Saline_Sodic_Waters_and_Soils_and_for_Improving_Crop_Yields)
- Gharaibeh, M.; Russan, M.; Eltaif, N. y Shunnar, O. (2014). Reclamation of highly calcareous saline-sodic soil using low quality water and phosphogypsum. *Applied Water Science, volumen 4, 223-230*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-014-0189-3>
- Ghazouani, H.; Latrach, B.; Belhaj, M. y Abdelhamid, B. (2015). Effect of different saline Levels and Irrigation Regimes on agronomic parameters of potatoes crop under the semi-arid environment of Tunisia. *Sci. Agri., volumen 12 (2), 99-104*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/284693798\\_Effect\\_of\\_different\\_saline\\_Levels\\_and\\_Irrigation\\_Regimes\\_on\\_agronomic\\_parameters\\_of\\_potatoes\\_crop\\_under\\_the\\_semi-arid\\_environment\\_of\\_Tunisia](https://www.researchgate.net/publication/284693798_Effect_of_different_saline_Levels_and_Irrigation_Regimes_on_agronomic_parameters_of_potatoes_crop_under_the_semi-arid_environment_of_Tunisia)
- Gili, P.; Marando, G.; Irisarr, J. y Sagardoy, M. (2003). Efecto de las técnicas de lavado y fertilización sobre la salinidad en suelos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. *Agric. Téc., volumen 64 (3), 295-304*. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072004000300010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000300010)
- Girón-Ríos, Y.; Oleschko-Lutkova, K.; Jean-Francois, P.; Hernández-Alcántara, M.; Camarillo, E. y Velázquez-García, J. (2009). Análisis fractal de la reflectancia de los suelos salinos. *Agrociencia, volumen 43 (4), 403-416*. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952009000400007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000400007)
- Goes, E.S. (1978). O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. *In: Reunião sobre salinidade em áreas irrigadas, Fortaleza, Anais. Recife: Ministério do Interior/SUDENE, 89-91*. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000060&pid=S0103-8478200700060002100007&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000060&pid=S0103-8478200700060002100007&lng=en)
- Gómez, E.; Argentel, L.; Ávila, C.; Alarcón, K.; López, R.; Ruiz-Díez, B.; Fernández-Pascual, M. y Eichler-Loebermann B. (2013). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol Caupí a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. *Cultivos tropicales, volumen 34 (3), 11-16*. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362013000300002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000300002)
- Gonzáles, Y.; Villafañe, R.; Basso, C. y Pérez, D. (2016). Tolerancia de la Stevia [Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni] a la salinidad. *Acta Científica Venezolana,*

- volumen 67 (2), 35-47. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/319680902\\_AGRONOMIA\\_TOLERANCIA\\_DE\\_LA\\_STEVIA\\_Stevia\\_rebaudiana\\_Bertoni\\_Bertoni\\_A\\_LA\\_SALINIDAD](https://www.researchgate.net/publication/319680902_AGRONOMIA_TOLERANCIA_DE_LA_STEVIA_Stevia_rebaudiana_Bertoni_Bertoni_A_LA_SALINIDAD)
- González, S.; Carrillo, Q.; Raymundo, A.; Franco, O.; Ramírez, C.; Ortega, H. y Trejo, C. (2011). Efecto de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento del pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]. *Ciencia Ergo Sum*, volumen 18 (1), 59-6. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10416528007>
- González-Acevedo, Z.; Padilla-Reyes, D. y Ramos-Leal, J. (2016). Quality assessment of irrigation water related to soil salinization in Tierra Nueva, San Luis Potosí, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, volumen 33 (3), 271-285. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/313386089\\_Quality\\_assessment\\_of\\_irrigation\\_water\\_related\\_to\\_soil\\_salinization\\_in\\_Tierra\\_Nueva\\_San\\_Luis\\_Potosi\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/313386089_Quality_assessment_of_irrigation_water_related_to_soil_salinization_in_Tierra_Nueva_San_Luis_Potosi_Mexico)
- Guida-Johnson, B.; Abraham, E. y Cony, M. (2016). Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. *Rev. FCA UNCUYO*, volumen 49 (1), 205-215. Recuperado de [http://www.redalyc.org/pdf/3828/Resumenes/Resumen\\_382852189019\\_1.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/3828/Resumenes/Resumen_382852189019_1.pdf)
- Hamidov, A.; Beltrao, J.; Neves, A.; Khaydarova, V. y Khamidov, M. (2007). *Apocynum lancifolium* and *Chenopodium album* - Potential species to remediate saline soils. *WSEAS Trans. Environ. Dev.*, volumen 3 (7), 123-128. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/287182066\\_Apocynum\\_lancifolium\\_and\\_Chenopodium\\_album\\_-\\_Potential\\_species\\_to\\_remediate\\_saline\\_soils](https://www.researchgate.net/publication/287182066_Apocynum_lancifolium_and_Chenopodium_album_-_Potential_species_to_remediate_saline_soils)
- Hammad, A. y Tumeizi, A. (2012). Land degradation: socioeconomic and environmental causes and consequences in the eastern Mediterranean. *Land degradation and Development*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/263113507\\_Land\\_degradation\\_socioeconomic\\_and\\_environmental\\_causes\\_and\\_consequences\\_in\\_the\\_Eastern\\_Mediterranean](https://www.researchgate.net/publication/263113507_Land_degradation_socioeconomic_and_environmental_causes_and_consequences_in_the_Eastern_Mediterranean)
- Hannco, C. (2017). *Desalinización con Beterraga (Beta vulgaris L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, Cañete, 2017* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3539>
- Hatton, T.; Ruprecht, J. y George, R. (2003). Preclearing hydrology of the Western Australia wheatbelt: Target for the future. *Plant and soil*, volumen 257 (2), 341-356. Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1027310511299>
- Hergert, G. y Knudsen, D. (1977). *Irrigation water Quality Criteria*. University of Nebraska. Recuperado de

<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2412&context=extensionhist>

- Hernández-Araujo, J.; Chacín, L.; Ávila, J.; El Khatib, N.; Chirinos, I. y Bracho, B. (2011). Métodos de manejo de la salinidad del estiércol bovino para el vermicompostaje con la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, volumen 28 (1), 342-350. Recuperado de <https://docplayer.es/78152052-Metodos-de-manejo-de-la-salinidad-del-estiercol-bovino-para-el-vermicompostaje-con-la-lombriz-roja-eisenia-andrei.html>
- Hernández-Araujo, J.; Gasco, G.; Mármol, L.; Bárcenas, J. y Polo, V. (2013). Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, volumen 30 (4), 481-503. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Biorrecuperaci%C3%B3n-de-suelos-salinos-con-el-uso-de-de-Hern%C3%A1ndez-Araujo-Guerrero/05875d76f2f25b915b6a5f8159741fd2e0dc8f69#extracted>
- Hervé, D.; Mita, V. y Paz, B. (1999). Sistemas de labranza para suelos salinos. *Memorias Primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo*, 121-136. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/282170724\\_Sistemas\\_de\\_labranza\\_para\\_suelos\\_salinos](https://www.researchgate.net/publication/282170724_Sistemas_de_labranza_para_suelos_salinos)
- Hishida, M.; Ascencio, F.; Fuiyama, H.; Orduño-Cruz, A.; Endo, T. y Larrinaga-Mayoral, J. (2013). Response to salt stress in growth, water relations, and ion content of *Jatropha curcas* and *Jatropha cinerea*. *Interciencia*, volumen 38 (4), 298-304. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5430985>
- Iglesias, R.; Olivares, L. y Florentino de Andreu, A. (2002). *Recuperación de un suelo salino sódico utilizando yeso y dos fuentes de fosfoyeso y su incidencia sobre el desarrollo inicial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) (bajo condiciones controladas)*. Recuperado de <http://sibucv.ucv.ve/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=51346>
- INRENA. (2005). *Territorio y suelos*. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf)
- INTAGRI. (2013). *La salinidad de los suelos, un problema que amenaza su fertilidad*. Engormix. Recuperado de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/salinidad-suelos-problema-amenaza-t30631.htm>
- Jenks, M. y Hasegawa, P. (2005). *Plant Abiotic Stress*. Blackwell Publishing. Recuperado de [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo\\_thumb/Plant-Abiotic-Stress-by-Mathew-A--Jenks--2005-.pdf](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Plant-Abiotic-Stress-by-Mathew-A--Jenks--2005-.pdf)

- Kamaluddin, M. y Buensuceso, B. (2002). Lime treated clay: salient engineering properties and a conceptual model. *Soil and Foundations*, volumen 42 (5), 79-89. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10072/8409>
- Kavak, A. y Akyarlı, A. (2007). A field application for lime stabilization. *Environmental Geology*, volumen 15 (6), 987-997. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0368-0>
- Kovda, V. (1983). Loss of productive land due to salinisation. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/279891904\\_Loss\\_of\\_productive\\_land\\_due\\_to\\_salination](https://www.researchgate.net/publication/279891904_Loss_of_productive_land_due_to_salination)
- Lamz, P.; González, C. y Reyes, G. (2013). Indicadores bioquímicos para la selección temprana de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) con tolerancia a la salinidad. *Cultivos Tropicales*, volumen 34 (1), 11-17. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362013000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000100002)
- Larsson, M.; Baken, S.; Smolders, E.; Cubadda, F. y Gustafsson, J. (2015). Vanadium bioavailability in soils amended with blast furnace slag. *J. Hazard. Mater.*, volumen 296, 158-165. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.04.034.
- Lavado, R. (2008). *Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina*. Recuperado de <https://redsalinidad.com.ar/wp-content/uploads/2018/12/la-salinizacion-de-suelos-en-la-argentina.pdf>
- Layne-Garsaball, J.; Méndez, J. y Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente Venezolano. *Temas agrarios*, volumen 12 (2), 62-73. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5002442.pdf>
- Leidi, E. y Pardo, J. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, (2), 69-90. Recuperado de <https://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/648>
- León, M.; Silva, S.; Sandoval, A.; Aracena, I.; Quiñones, F. y León-Lobos, P. (2017). El manejo del suelo salino usando arena afecta el crecimiento de raíces y la sobrevivencia de plántulas de *Prosopis tamarugo* Phil. (Fabaceae). *Gayana Bot.*, volumen 74 (1), 158-166. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432017005000320>.
- Li, M.; Xi, S.; Yuan, H.; Pu, H. y Wei, L. (2012). Feasibility of saline soil reinforced with treated wheat straw and lime. *Soils and Foundations*, volumen 52 (2), 228-238. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2012.02.003>
- Londoño, J. (2016). *Suelos afectados por sales en la Zona Bananera de Santa Marta* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/55737/1/71394585.pdf>



- Longo, A.; Ferratto, J.; Mondino, M. y Grasso, R. (2005). Incorporación de azufre y yeso en suelo salino-sódico: su efecto sobre el rendimiento y calidad de lechuga bajo invernadero. *FAVE Sección Ciencias Agrarias, volumen 4 (1-2)*, 31-36. Doi: <https://doi.org/10.14409/fa.v4i1/2.1311>
- López, C.; Samson, R.; Vandamme, P.; Eichler-Löbermann, B. y Gómez, E. (2011). Respuesta de combinaciones Rhizobium-Clitoria ternatea en condiciones de estrés salino en el Valle del Cauto en Cuba. *Rev. Mex. de Cienc. Pecuarias, volumen 2 (2)*, 199-207. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242011000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200007)
- Mace, J.; Amrhein, C. y Oster, J. (1999). Comparison of Gypsum and Sulfuric Acid for Sodic Soil Reclamation. *Arid Soil Research and Rehabilitation, volumen 13 (2)*, 171-188. Doi: <https://doi.org/10.1080/089030699263401>
- Macías, V. y Muñoz-Cobo. (2005). *Calidad del agua de riego. Riego con aguas salinas*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=8551>
- Manyari, F. (2016). *Uso de la vinaza y biocarbón en la remediación de suelos salino – sódicos en el distrito de Tambogrande, Piura* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/917>
- Manzano, J.; Rivera, P.; Briones, F. y Zamora C. (2014). Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *Terra Latinoamericana, volumen 32 (3)*, 211-219. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792014000300211&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000300211&lng=es&tlng=es)
- Marchese, A. (2017). *Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc* (Tesis de bachiller). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6442>
- Martínez, S.; Faz-Cano, A. y Esteve, M. (2009). Contenido en carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos desarrollados de material parental volcánico en la Región de Murcia. *Soil erosion and desertification*, 327-330. Recuperado de <http://congresos.um.es/icod/icod2009/paper/view/4881/4541>
- Mateo-Sagasta, J. y Burke, J. (2012). *Agriculture and water quality interactions: A global overview*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-bl092e.pdf>
- Mau, Y. y Porporato, A. (2015). A dynamical system approach to soil salinity and sodicity. *Advances in Water Resources, volumen 83*, 68-76. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.05.010>
- Medina-García, L. (2016). La agricultura, la salinidad y los hongos micorrízicos arbusculares: una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos*

*Tropicales*, volumen 37 (3), 42-49. Doi:  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1117.9765>

Mengel, K. y Kirkby, E. (1987). *Principles of Plant Nutrition*. Switzerland: International Potash Institute. Recuperado de <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-010-1009-2>

Mesa, D. (2003). Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Ciencia Agrícola*, volumen 37, 217-226. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/1930/193018048001/>

Milán, C. y Bonadeo, E. (2017). Efecto de la aplicación de yeso sobre la capacidad productiva de un suelo sódico de alta variabilidad espacial. *Ciencia del Suelo*, volumen 35 (2), 315-323. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672017000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672017000200011&lng=es&tlng=es).

MINAGRI y SENAMHI. (2017). *Reducción de la degradación de los suelos agrarios*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/programa-presupuestal-0089/reduccion-de-la-degradacion-de-los-suelos-agrarios>

Misra, S. (1961). Effect of leaching soils with divalent cations. *Soil Science and Plant Nutrition*, volumen 7 (3), 87-89. Doi:  
<https://doi.org/10.1080/00380768.1961.10430962>

Mogollón, J.; Martínez, A. y Rivas, W. (2014). Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, volumen 44 (1), 23-28. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/267210367\\_DEGRADACION\\_QUIMICA\\_DE\\_SUELOS\\_AGRICOLAS\\_EN\\_LA\\_PENINSULA\\_DE\\_PARAGUANA\\_VENEZUELA](https://www.researchgate.net/publication/267210367_DEGRADACION_QUIMICA_DE_SUELOS_AGRICOLAS_EN_LA_PENINSULA_DE_PARAGUANA_VENEZUELA)

Mogollón, J.; Martínez, A. y Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, volumen 28 (1), 29-38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=85744678004>

Mogollón, J.; Torres, D. y Martínez, A. (2010). Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, Estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*, volumen 22 (3), 217-222. Recuperado de [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22\(3\)/7.%20Cambios%20en%20algunas%20propiedades%20biol%C3%B3gicas.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22(3)/7.%20Cambios%20en%20algunas%20propiedades%20biol%C3%B3gicas.pdf)

Morales, D.; Bolarín, María del C. y Cayuela, E. (2006). Respuesta de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) a la aplicación de diferentes niveles de NaCl. I. Crecimiento y relaciones hídricas. *Cultivos Tropicales*, volumen 27 (4), 27-32. Recuperado de <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA321058110&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=02585936&p=AONE&sw=w>

- Morales, D.; Rodríguez, P.; Sánchez-Blanco, M. y Torrecillas, A. (2004). Efecto del estrés por NaCl en el crecimiento y las relaciones hídricas de diferentes variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, volumen 25 (4), 11-16. Doi: <http://dx.doi.org/10.1234/ct.v25i4.486>
- Narváez, H.; Combatt, E. y Bustamante, I. (2014). Distribución espacial de la salinidad en suelos del área de influencia de la desembocadura del Río Sinú (Córdoba, Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, volumen 17 (2), 433-443. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n2/v17n2a14.pdf>
- Navarro, G. y Navarro, S. (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (3 ed). *Mundi-prensa*, 217-223. Recuperado de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766568/quimica-agricola--quimica-del-suelo-y-de-los-nutrientes-esenciales-para-las-plantas>
- Ninov, J. y Donchev, I. (2008). Lime stabilization of clay from the 'Mirkovo' deposit. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, volumen 19 (2), 487-490. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-006-8304-9>
- Nizam, I. (2011). Effect of salinity stress on water uptake, germination and early seedling growth of perennial ryegrass. *African Journal of Biotechnology*, volumen 10 (51), 10418-10424. Doi: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.1243>
- ONE. (2011). *Anuario Estadístico Cuba*. Recuperado de <http://www.onei.cu/aec2011.htm>
- ONERN. (1986). *Perfil ambiental del Perú*. República del Perú: ONERN-AID. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1051>
- Orsag, V. (2010). *El recurso suelo Principios para su manejo y conservación (1 ed)*. Bolivia: Editorial Zeus. Recuperado de <http://fobomade.org.bo/2010/09/01/el-recurso-suelo-principios-para-su-manejo-y-conservacion/>
- Orson, W. y Vaughn, E. (2003). *Principios y Aplicaciones del riego (2 ed)*. Barcelona: Cedisa Centro Editorial S.A. Recuperado de <https://cedisalibros.com/tienda-2/agricultura/principios-y-aplicaciones-del-riego/>
- Ortega, F. y Orellana, R. (2007). El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. I. Aguas salinas o alcalinas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, volumen 16 (1), 41-44. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93216110.pdf>
- Ortiz, I.; Sanz, J.; Dorado, M. y Villar, S. (2007). *Técnicas de Recuperación de suelos contaminados*. Universidad de Alcalá y la Dirección General de Universidades e Investigación. Recuperado de [https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf)

- Pacheco de Oliveira, P.; Vincent, T.; Bruschi, R.; Lima, D. y Fonseca, C. (2016). Soil Chemistry after Irrigation with Treated Wastewater in Semiarid Climate. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, volumen 40, e0140664. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcS20140664>
- Palacios-Vélez, O. y Pedraza-Oropeza, F. (2015). Drainage and Salinity Problems in the Mexican Irrigation Districts: An Overview 1962-2013. *Tecnología y Ciencias del Agua*, volumen 6 (6), 113-123. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1164>
- Parés, J.; Arizaleta, M.; Sanabria, E. y García, G. (2008). El efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de *Carica Papaya* L. *Acta Botánica Venezolana*, volumen 31 (1), 27-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86211471003>
- Peña, J.; Zuñiga, O. y Cuero, R. (2011). Estimulación con campo electromagnético variable de microorganismos benéficos aplicados a la cachaza para mejorar su uso como biofertilizante. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, volumen 9 (2), 150-158. Recuperado de <http://revistabioteologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/bioteologia/article/view/199/162>
- Peregrina, F.; Mariscal, I.; Ordóñez, R.; González, P.; Terefe, T. y Espejo, R. (2008). Agronomic implications of the basic converting slag as a source of magnesium in acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, volumen 72 (2), 402-411. Doi: 10.2136/sssaj2006.0197
- Pérez, A.; Rojas, J. y Montes, D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.*, volumen 3 (2), 366-385. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3817504>
- Pérez, D.; García, D.; Terrazas, M.; Ramirez, A. y Ortega, E. (2013). Composición y caracterización química del suelo: indicadores de salinidad y sodicidad. *CD Memorias del XVII Congreso Nacional de Irrigación, Puerto Vallarta, Jalisco, México*, 1-8. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/309769944\\_COMPOSICION\\_Y\\_CHARACTERIZACION\\_QUIMICA\\_DEL\\_SUELO\\_INDICADORES\\_DE\\_SALINIDAD\\_Y\\_SODICIDAD](https://www.researchgate.net/publication/309769944_COMPOSICION_Y_CHARACTERIZACION_QUIMICA_DEL_SUELO_INDICADORES_DE_SALINIDAD_Y_SODICIDAD)
- Pernús, M. y Sánchez, J.A. (2015). Salinidad en Cuba y tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semilla. *Pastos y Forrajes*, volumen 38 (4), 379-392. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942015000400001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000400001&lng=es&tlng=es)

- Pesqueira, J. (2008). *Cambios bioquímicos, morfológicos y ecofisiológicos en plantas del género Lotus bajo estrés salino* (Tesis doctoral). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=82324>
- Pizarro, F. (1985). *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos (2 ed)*. Madrid, España: Editorial agrícola española S.A. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/39001064\\_Drenaje\\_agricola\\_y\\_recuperacion\\_de\\_suelos\\_salinos](https://www.researchgate.net/publication/39001064_Drenaje_agricola_y_recuperacion_de_suelos_salinos)
- Pla Sentis, I. (1969). *Metodología de laboratorio recomendado para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad en suelos, aguas, y plantas*. Maracay: Universidad Central de Venezuela, Instituto de Edafología. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000140&pid=S0103-9016200200040002100011&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000140&pid=S0103-9016200200040002100011&lng=en)
- Porta, J.; Lopez, M. y Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre03.pdf>
- Postel, A. y Hitchman, H. (1989). A Climatology of Rossby Wave Breaking along the Subtropical Tropopause. *Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin*. Doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1999\)056<0359:ACORWB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1999)056<0359:ACORWB>2.0.CO;2)
- Quintero, C.; Boschetti,; Durand, A. y Fettoloni, S. (2003). *Recuperación de suelos dispersivos por medio de enmiendas*. Recuperado de <http://www.fertilizando.com/articulos/Recuperacion%20de%20Suelos%20Dispersivos%20por%20Medio%20de%20Enmiendas.asp>
- Quintero, M. (2013). *Condiciones actuales de salinidad del área de influencia de la Poza de Escobedo, Cuatrociénegas, Coah* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5675>
- Rameshwaran, P.; Tepe, A. y Ragab, R. (2016). Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae, volumen 199, 114-123*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.007>
- Ramirez, P. (2016). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf – San Bartolo, Lima* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2482>
- Ramírez-Suárez, W. y Hernández-Olivera, L. (2016). Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. *Pastos y Forrajes, volumen 39 (4), 235-245*. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942016000400001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000400001)
- Ramos-Bello, R.; Cajuste, L; Flores-Román, D. y García-Calderón, N. (2001). Metales pesados, sales y sodio en suelos de Chinampa en México. *Agrociencia, volumen*

35 (4), 385-395. Recuperado de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=30235402>

Rázuri, L.; Linares, J.; Romero, E.; Galindo, A. y Hernández, J. (2005). Evolución de la salinidad en un suelo del valle de Quibor, Venezuela, utilizando riego localizado en el cultivo de cebolla. *Agricultura andina*, volumen 10, 23-33. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/23494>

Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *J. Exp. Bot.*, volumen 57 (5), 1017-1023. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16510516>

Reyes-Pérez, J.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Troyo-Diéguez, E.; Reynaldo-Escobar, I.; Rueda-Puente, E. y García-Hernández, J. (2013). Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial. *Universidad y ciencia*, volumen 29 (2), 101-112. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792013000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000200001&lng=es&tlng=es)

Rhoades, J. y Loveday, J. (1990). Salinity in irrigated agriculture. *Agronomy*, volumen 1990 (30), 1089-1142. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19901946231>

Richards, L.; Allison, L.; Brown, J.; Hayward, H.; Bernstein, L.; Fireman, M.; Pearson, G.; Wilcox, L.; Bower, C.; Hatcher, J. y Reeve, R. (1974). *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos (6 ed)*. México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América y Editorial Limusa. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/372184744/Diagnostico-y-Rehabilitacion-de-Suelos-Salinos-y-Sodicos>

Ríos, P.; Negreiros, S.; Quilcate, R.; Pinna, J. y Valdivia, S. (2013). Efecto del contenido de sales en la germinación del cultivo de maíz, en un suelo franco arcillo limoso, calcáreo, de la costa árida peruana. *Pueblo Cont.*, volumen 24 (1), 167-169. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/311963961\\_Efecto\\_del\\_contenido\\_de\\_sales\\_en\\_la\\_germinacion\\_del\\_cultivo\\_de\\_maiz\\_en\\_un\\_suelo\\_franco\\_arcillo\\_limoso\\_calcareo\\_de\\_la\\_costa\\_arida\\_peruana?ev=auth\\_pub](https://www.researchgate.net/publication/311963961_Efecto_del_contenido_de_sales_en_la_germinacion_del_cultivo_de_maiz_en_un_suelo_franco_arcillo_limoso_calcareo_de_la_costa_arida_peruana?ev=auth_pub)

Rivera, M.; Macías, H.; Muñoz, J.; Palomo, M. y Torres, R. (2015). Evaluación de mejoradores químicos y biológicos para el mejoramiento de un suelo salino sódico de un parque urbano. *Agrofaz*, volumen 15 (2), 59-65. Recuperado de <https://docplayer.es/74516582-Evaluacion-de-mejoradores-quimicos-y-biologicos-para-el-mejoramiento-de-un-suelo-salino-sodico-de-un-parque-urbano.html>

Rodrigues da Silveira, K.; Rosas, M.; Bezerra de Oliveira, L.; John, R. y Rodrigues da Silveiral, R. (2008). Gypsum-saturated water to reclaim alluvial saline sodic and

sodic soils. *Scientia Agricola*, volumen 65 (1), 69-76. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000100010>

Rodríguez, A. (2017). *Dinámica de la respuesta del cultivo de camote (Ipomoea batatas L.) al estrés hídrico y salino* (Tesis de postgrado). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2813>

Rodríguez, M. (2017). *Aportes desde el enfoque agroecológico para el manejo de la salinización del suelo con bacterias halófilas en Sáchica-Boyacá* (Tesis de obtener grado de Magister). Recuperado de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/768>

Rodríguez, N.; Florentino, A.; Torres, D.; Yendis, H. y Zamora, F. (2009). Selección de Indicadores de Calidad de Suelo en Tres Tipos de Uso de la Tierra en la Planicie de Coro estado Falcón. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, volumen 26 (3), 340-361. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3048300>

Román, U. (2017). *Productos dispersantes de la salinidad del suelo y su efecto en el crecimiento de maíz (Zea mays L.) en invernadero* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2822>

Royo, A y Aragues, R. (2003). *Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. Investigación Agraria. Producción y Producción Vegetal*, volumen 17 (3), 410-421. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=283650>

Rueda, E.; Barrón, J.; Preciado, P.; López, G.; Murillo, B.; García, J.; Tarazón, M. y Troyo, E. (2009). *La Salinidad: ¿Un problema o una opción para la agricultura?*. Recuperado de [https://issuu.com/rionson/docs/la\\_salinidad\\_\\_\\_\\_\\_un\\_problema\\_o\\_una\\_](https://issuu.com/rionson/docs/la_salinidad_____un_problema_o_una_)

Ruiz, E.; Aldaco, R.; Montemayor, A.; Fortis, M.; Olague, J. y Villagómez, J. (2007). Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. *Técnica Pecuaria en México*, volumen 45 (1), 19-24. Recuperado de <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1790>

Ruíz, F.; Villalpando, R.; Murillo, B.; Beltrán, F. y Hernández, L. (2014). Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *Terra Latinoamericana*, volumen 32 (4), 311-323. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792014000400311&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400311&lng=es&tlng=es).

Sadiq, M.; Hassan, G.; Mehdi, S.; Hussain, N. y Jamil, M. (2007). Amelioration of Saline-Sodic Soils with Tillage Implements and Sulfuric Acid Application. *Pedosphere*,

*volumen 17 (2), 182-190. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(07\)60024-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(07)60024-1)*

- Salas, R. (2015). *Efecto del estrés salino en el contenido de minerales de cultivos semihidropónicos de tomate *Lycopersicon esculentum* MILL (1768) c.v. Rio Grande* (Tesis para el grado Magister). Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4670>
- Sánchez, C. y Arguello, H. (2006). Capacidad de bacterias halófitas para capturar sodio in vitro y su posible aplicación en biorremediación en suelos salinos-sódicos. *NOVA, volumen 4 (6), 19-32*. Recuperado de [http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id\\_revista=187&id\\_seccion=3074&id\\_ejemplar=4877&id\\_articulo=48081](http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_revista=187&id_seccion=3074&id_ejemplar=4877&id_articulo=48081)
- Sánchez, E.; Ortega, H.; Sandoval, G.; Hernández, R. y Estrada, C. (2012). Lavado de sales en suelos aluviales costeros de Oaxaca, México, con aguas residuales municipales tratadas. *Revista internacional de contaminación ambiental, volumen 28 (4), 343-360*. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000400010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000400010&lng=es&tlng=es)
- Sánchez, R.; Dunel, L. y Scherger, M. (2016). *Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina (1 ed)*. Buenos Aires: Ediciones INTA. Recuperado de [https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_h\\_ascasubestimacion-areas-salinas-argentina\\_2016.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_h_ascasubestimacion-areas-salinas-argentina_2016.pdf)
- Saranraj, P. y Stella, D. (2012). Vermicomposting and its importance in improvement of soil nutrients and agricultural crops. *Novus Natural Science Research, volumen 1 (1), 14-23*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/259495486\\_Vermicomposting\\_and\\_its\\_importance\\_in\\_improvement\\_of\\_soil\\_nutrients\\_and\\_agricultural\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/259495486_Vermicomposting_and_its_importance_in_improvement_of_soil_nutrients_and_agricultural_crops)
- Sastre-Conde, I.; Lobo, M.; Beltrán-Hernández, I. y Poggi-Varaldo, H. (2015). Remediation of saline soils by a two-step process: Washing and amendment with sludge. *Geoderma, volumen 247-248, 140-150*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.12.002>
- Sermanat y Sagarpa. (2010). *Salinidad del suelo*. Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de [https://www.academia.edu/27437179/SALINIDAD\\_DEL\\_SUELO\\_SAGARPA\\_SEDER](https://www.academia.edu/27437179/SALINIDAD_DEL_SUELO_SAGARPA_SEDER)
- Serrato, R.; Ortiz, A.; Dimas, J. y Berúmen, S. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra, volumen 20, 329-336*. Recuperado de <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art329-336.pdf>
- Setia, R.; Marschner, P.; Baldock, J.; Chittleborough, D.; Smith, P. y Smith, J. (2011). Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. *Soil Biol.*



*Biochem*, volumen 43 (9), 1908-1916. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.05.013>

Shahid, S.; Abdelfattah, M. y Taha, F. (2013). *Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation*. Doi: 10.1007/978-94-007-5684-7

Sharma, S. y Gupta, I. (1986). *Saline environment and plant growth*. India: Agro-Botanical Publishers. Recuperado de <https://extension.psu.edu/saline-soils-and-plant-growth>

Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy*. United States: Department of Agriculture. Recuperado de [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051232.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf)

Sparks, D. (2003). *The Chemistry of Saline and Sodic Soils*. Environmental Soil Chemistry (Second Edition). Recuperado de <https://kundoc.com/pdf-the-chemistry-of-saline-and-sodic-soils-.html>

Suassuna, J. y Audry, P., E.S. (1993). Estatísticas de salinidade das águas de irrigação do Nordeste Semi-árido Brasileiro, ORSTOM/FUNDAJ, Comunicação Oral. *Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência*. Recuperado de [https://www.fundaj.gov.br/index.php/?option=com\\_content&view=article&id=777&Itemid=376](https://www.fundaj.gov.br/index.php/?option=com_content&view=article&id=777&Itemid=376)

Szabolcs, I. (1989). *Salt-affected soils*. Flórida: Library of Congress. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books/about/Salt\\_Affected\\_Soils.html?id=noIXAQAAIAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Salt_Affected_Soils.html?id=noIXAQAAIAAJ&redir_esc=y)

Szabolcs, I. (1994). Salt affected soils as the ecosystem for halophytes. *Tasks for vegetation science*, volumen 32. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0818-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0818-8_3)

Taboada, M. y Lavado, R. (2009). *Alteración de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. Buenos Aires: Ed. Literaria de la Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <https://www.agro.uba.ar/catalog/alteraciones-de-la-fertilidad-de-los-suelos-el-halomorfismo-la-acidez-el-hidromorfismo-y-las>

Taleisnik, E. y López, D. (2011). Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. *Ecología austral*, volumen 21 (1), 3-14. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2011000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000100002&lng=es&tlng=es).

Tapia-Goné, J., Ferrera-Cerrato, R., Valera-Fregoso, L., Rodríguez-Ortiz, J., Soria-Colunga, J., Tiscareño-Iracheta, M., Loredó-Osti, C., Alcalá-Jáuregui, J. y Villar-Morales, C. (2010). Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista mexicana de micología*, volumen 31, 69-74. Recuperado de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802010000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802010000100010)

- Toll, J.; Martín, G.; Fernández, M.; Nicosia, M.; Plasencia, A.; Olea, L.; González, A. y Agüero, S. (2016). Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide, en la Llanura Deprimida del límite Tucumán-Santiago del Estero. *Rev. Agron. Noroeste Argent.*, volumen 36 (1), 65-70. Recuperado de <http://www.faz.unt.edu.ar/ranar/ranar3619.pdf>
- Torres, A. y Acevedo, E. (2008). El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el Norte de Chile. *Idesia (Arica)*, volumen 26 (3), 31-44. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000300004>
- Torres, D., Mogollón, J., Lázaro, Y., González, M., López, M. y Yendís H. (2015). Uso de acondicionadores orgánicos y biopolímeros para biorremediación de suelos salinos-sódicos de la llanura de Coro, Falcón, Venezuela. *Revista de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora de Ciencia y Tecnología*. Recuperado de <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/index.php/ruct/article/download/244/232>
- Tozzi, F.; Mariani, A.; Vallone, R. y Morábito, J. (2017). Evolución de la salinidad de los suelos regadíos del río Tunuyán Inferior (Mendoza-Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, volumen 49 (1), 79-93. Recuperado de [http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=471:2017-06-21-19-18-28&catid=25:2017-06-19-19-12-51&Itemid=32](http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=471:2017-06-21-19-18-28&catid=25:2017-06-19-19-12-51&Itemid=32)
- Trasviña, A., Borquez, R., Leal, J., Castro, L. y Gutiérrez, M. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana*, volumen 36 (1), 85-90. Doi: <http://dx.doi.org/10.28940/terra.v36i1.310>.
- USDA. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. United States: Salinity Laboratory Staff. Recuperado de [https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20360500/hb60\\_pdf/hb60complete.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf)
- Vásquez, M.; Millán, G. y Gelati, P. (2006). Efecto del riego complementario sobre la salinidad y sodicidad de diferentes suelos del NO y Centro-E de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, volumen 106 (1), 57-67. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5718114>
- Vazquez, D. (2010). *Respuesta de la coliflor y repollo al uso de fertilizantes minerales, organominerales y desalinizadores en suelos salinos* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5136>

- Villafañe, R.; Abarca, O.; Azpúrua, M.; Ruiz, T. y Dugarte, J. (1999). Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quíbor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. *Biagro, volumen 11* (2), 43-50. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/319234723\\_Distribucion\\_espacial\\_de\\_la\\_salinidad\\_en\\_los\\_suelos\\_de\\_Qibor\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_las\\_limitaciones\\_de\\_drenaje\\_y\\_la\\_calidad\\_del\\_agua](https://www.researchgate.net/publication/319234723_Distribucion_espacial_de_la_salinidad_en_los_suelos_de_Qibor_y_su_relacion_con_las_limitaciones_de_drenaje_y_la_calidad_del_agua)
- Wei, X.; Hao, M.; Shao, M. y Gale, W. (2006). Changes in soil properties and the availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization. *Soil Till. Res., volumen 91* (1-2), 120-130. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.11.009>
- Wicke, B.; Smeets, E.; Dornburg, V.; Vashev, B.; Gaiser, T.; Turkenburga, W. y Faaija, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy Environ. Sci., volumen 4*, 2669-2681. Doi: 10.1039/C1EE01029H
- Wilson, M.; Zino, L.; Cerana, J. y Quintero, C. (2004). Efecto del agregado de yeso sobre las características físicas y químicas de un suelo degradado por el uso arrocero. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/237263659\\_EFECTO\\_DEL\\_AGREGADO\\_DE\\_YESO\\_SOBRE\\_LAS\\_CARACTERISTICAS\\_FISICAS\\_Y\\_QUIMICAS\\_DE\\_UN\\_SUELO\\_DEGRADADO\\_POR\\_EL\\_USO\\_ARROCERO](https://www.researchgate.net/publication/237263659_EFECTO_DEL_AGREGADO_DE_YESO_SOBRE_LAS_CARACTERISTICAS_FISICAS_Y_QUIMICAS_DE_UN_SUELO_DEGRADADO_POR_EL_USO_ARROCERO)
- Wu, Y.; Li, Y.; Zhang, Y.; Bi, Y. y Sun, Z. (2017). Response of Saline Soil Properties and Cotton Growth to Different Organic Amendments. *Pedosphere, volumen 28* (3), 521-529. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60464-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60464-8)
- Wu, Y.; Wang, Y. y Xie, X. (2014). Spatial occurrence and geochemistry of soil salinity in Datong basin, northern China. *J. Soils Sediments., volumen 14* (8), 1445-1455. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0874-8>
- Xiong, X.; Araya, A.; Zhang, H.; Araya, K.; Teramoto, C.; Ohmiya, K.; Liu, F.; Jia, H.; Zhang, C.; Zhu, B.; Wang, N.; Meng, Q. y Yang, S. (2012). Improvement of Salt-affected Soils by Deep Tillage: Part 2: Large-scale Field Tests in a Sodic Soil (Solonetz) Region. *Engineering in Agriculture, Environment and Food, volumen 5* (1), 29-35. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1881-8366\(12\)80005-X](https://doi.org/10.1016/S1881-8366(12)80005-X)
- Xiong, X.; Zhang, H.; Araya, A.; Teramoto, C.; Ohmiya, K.; Zhu, B.; Sun, Q. y Wang, W. (2011). Improvement of Salt-affected Soils by Deep Ploughing: — Part 1: Plot Field Tests in a Saline Soil (Solonchak) Region. *Engineering in Agriculture, Environment and Food, volumen 4* (1), 18-24. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1881-8366\(11\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S1881-8366(11)80004-2)
- Yu, J.; Chen, S.; Zhao, Q.; Wang, T.; Yang, C.; Diaz, C.; Sun, G. y Dai, S. (2011). Physiological and proteomic analysis of salinity tolerance in *Puccinellia tenuiflora*. *J Proteome Res., volumen 10* (9), 3852-70. Doi: 10.1021/pr101102p

- Zerega, L. (2017). *Caracterización y manejo de suelos y aguas afectadas por sales*. Agricultura. Recuperado de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterizacion-manejo-suelos-aguas-t41663.htm>
- Zhou, D.; Lin, Z.; Liu, L. y Zimmermann, D. (2013). Assessing secondary soil salinization risk based on the PSR sustainability framework. *J. Environ. Manage. Volumen 128* (15), 642-654. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.025>
- Zia, M.; Sabir, M.; Ghafoor, A. y Murtaza, G. (2007). Effectiveness of Sulphuric Acid and Gypsum for the Reclamation of a Calcareous Saline-Sodic Soil Under Four Crop Rotations. *Journal of Agronomy and Crop Science, volumen 193* (4), 262-269. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/249444437\\_Effectiveness\\_of\\_Sulphuric\\_Acid\\_and\\_Gypsum\\_for\\_the\\_Reclamation\\_of\\_a\\_Calcareous\\_Saline-Sodic\\_Soil\\_Under\\_Four\\_Crop\\_Rotations](https://www.researchgate.net/publication/249444437_Effectiveness_of_Sulphuric_Acid_and_Gypsum_for_the_Reclamation_of_a_Calcareous_Saline-Sodic_Soil_Under_Four_Crop_Rotations)
- Zlotopolski, V. (2017). The Impact of magnetic water treatment on salt distribution in a large unsaturated soil column. *International Soil and Water Conservation Research, volumen 5* (4), 253-257. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.009>
- Zuñiga, B. (2015). *Restauración de suelos salinizados mediante intercambio catiónico en Pirín Puno-Perú* (Tesis de Magister Scientiae en tecnologías de protección ambiental). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6606>
- Zúñiga, O., Osorio J., Cuero R. y Peña, J. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, volumen 64* (1), 5769-5779. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378>