



Aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas - biológicas de un suelo salino-sódico

Application of biofertilizer with halophilic bacteria and gypsum on chemical - biological characteristics of a saline-sodium soil

Marcela Gladys Mondaca Torrico, Isabel Morales Belpaire y Roberto Miranda Casas

RESUMEN:

El recurso suelo en el Altiplano Boliviano se está deteriorando a nivel de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, debido a diferentes factores como el cambio climático, salinización, etc. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas y biológicas de un suelo salino-sódico. Fue utilizado suelo del municipio de Sica Sica del departamento de La Paz. En una primera fase, se realizaron pruebas de aislamiento, selección y repique de bacterias halófilas, además de crecimiento bacteriano y viabilidad en medio líquido con dosis de biol. En una segunda fase, se determinaron variables edáficas como el pH, conductividad eléctrica, sodio intercambiable. Fueron utilizadas 16 macetas con bacterias halófilas y 16 con yeso en un diseño completamente al azar. En la fase 1 se seleccionó la colonia anaranjada por presentar mayor crecimiento. En las pruebas de crecimiento bacteriano y viabilidad al utilizar dos fuentes de carbono (glucosa 10g/L y biol 10%), se observó que la mejor fuente de carbono fue la glucosa frente al biol. En la fase 2, luego de ajustar la dosis de biol, la conductividad eléctrica mostró una disminución a partir de la cuarta semana debido a la biosorción de las bacterias (suelo muy salino a suelo salino). El pH disminuyó debido a la acidificación del suelo por efecto de la actividad microbiana en el proceso de respiración. Asimismo, el sodio intercambiable disminuyó, aunque no fue significativo. En las macetas con yeso la conductividad eléctrica disminuyó en todos los tratamientos.

PALABRAS CLAVE:

Bacterias halófilas, suelo sódico- salino, rehabilitación, bisorción.

ABSTRACT:

The soil resource in the Bolivian Altiplano is deteriorating at the level of its physical, chemical and biological properties, due to different factors such as climate change, salinization, etc. The objective of this research work was to evaluate the effect of the application of biofertilizer with halophilic bacteria and gypsum about chemical and biological characteristics of a saline-sodium soil. Soil of the municipality of Sica Sica of the department of La Paz was used. In a first phase, tests of isolation, selection and repique of halophilic bacteria were done, besides bacterial growth and viability in liquid medium with doses of biol. In a second phase, edaphic variables such as pH, electrical conductivity, and exchangeable sodium were determined. 16 pots with halophilic bacteria and 16 with gypsum were used in a completely randomized design. In phase 1, the orange colony was selected because it showed greater growth. In the tests of bacterial growth and viability using two carbon sources (glucose 10g / L and biol 10%), it was observed that the best carbon source was glucose versus biol. In phase 2, after adjusting the dose of biol, the electrical conductivity showed a decrease starting from the fourth week due to the biosorption of the bacteria (very saline soil to saline soil). The pH decreased due to the acidification of the soil by the effect of microbial activity in the respiration process. Likewise, the exchangeable sodium decreased, although it was not significant. In pots with gypsum the electrical conductivity decreased in all treatments.

KEYWORDS:

Halophilic bacteria, saline soli, rehabilitatión, bisorption.

AUTORES:

Marcela Gladys Mondaca Torrico: Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. e.umsa.aa@gmail.com

Isabel Morales Belpaire: Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

Roberto Miranda Casas: Docente. Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. roberto_neco@hotmail.com

Recibido: 25/01/19. **Aprobado:** 20/03/19.

DOI: <https://doi.org/10.53287/qizm5066eh34b>



INTRODUCCIÓN

El deterioro del recurso suelo en el altiplano boliviano (por procesos de salinización /alcalinización, sobrepastoreo, contaminación con metales pesados y erosión) es preocupante, ya que

este aspecto junto a otros factores como el cambio climático están provocando la desertificación de amplias zonas de esta región, creando una serie de problemas que afectan a otros recursos como el agua, el medio ambiente y la desertificación general que requieren de soluciones para mitigar su avance. (Orsag, 2009)

Existen métodos físicos, químicos y biológicos para recuperar los suelos afectados por sales, entre los que destacan la adición de abonos orgánicos, uso de enmiendas (empleo de sales cálcicas), lavado de las sales solubles con aguas de baja salinidad contribuyen a la rehabilitación del suelo. (Castellanos, 2000)

Las prácticas agrícolas inadecuadas han sido la causa del aumento de los suelos salinos-sódicos en todo el planeta. Su recuperación se ha hecho principalmente cambiando el sodio por otro catión, generalmente calcio, aunque esta práctica controla en alguna medida el problema, no se ha podido hacer.

Una recuperación efectiva en estos suelos de acuerdo a Ponce y Torrez (2003), se busca alternativas de rehabilitación de suelos salinos-sódicos. Se plantea por tanto la utilización de un biofertilizante elaborado con biol y bacterias halófilas que podrían tener la capacidad de fijar sodio y así recuperar suelo mediante proceso biológico, además de proponer el uso de yeso como enmienda para la utilización en tierras agrícolas como una propuesta alternativa de recuperación y/o rehabilitación de suelos que sería de gran aporte para el sector agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron muestras de suelo provenientes de la comunidad Ayamaya ubicada en el municipio de Sica Sica de la provincia Aroma del departamento de La Paz. Geográficamente se encuentra a una Latitud Sud de 17°43' 00'', Longitud Oeste de 67° 71' 0''. Los estudios de laboratorio se realizaron en el laboratorio de la Facultad Biología y la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

Los materiales utilizados fueron: Bacterias Autóctonas de la Localidad de Ayamaya, PCA (Plate Count Agar); Medio mínimo de sales: Nitrato de Amonio, Fosfato de Potasio, Sulfato Ferroso Heptahidratado, sulfato de magnesio heptahidratado Dextrosa y materiales de laboratorio.

La investigación se dividió en dos fases: en la fase uno se realizaron pruebas de aislamiento de bacterias halófilas de la muestra de suelo de la comunidad Ayamaya, selección y repique de bacterias halófilas, además de crecimiento bacteriano y viabilidad donde se determinó las dosis de bacterias en medio líquido y dosis de biol para su colocación en los distintos tratamientos. En la Fase 2 una vez obtenida la dosis de yeso para aplicar al suelo de las macetas, se realizó análisis de propiedades químicas del suelo: pH, Conductividad Eléctrica, Sodio (meq/100 g de suelo), para las 32 macetas la que se dividieron en 16 con bacterias halófilas y 16 con diferentes dosis de yeso.

En la primera fase para el aislamiento de cepas halófilas del suelo se preparó cuatro frascos con agua destilada, el primero con 100ml y los tres restantes con 99ml cada uno. Se suspendió un gramo de suelo en 100ml de agua destilada estéril y se recogió con la pipeta 1ml de la suspensión y se agregó al frasco de 99ml para las diluciones de 10^{-2} y 10^{-4} , luego se preparó cajas Petri con PCA (Plate Count Agar) 1.5% y Cloruro de Sodio (Na Cl) 1,3 M como medio de cultivo para después llevar a la incubadora a 37 °C por 7 días, posteriormente se inoculó en estas cajas, por estría con las cepas bacterianas que fueron aisladas anteriormente con concentraciones diferentes de biol (0, 1.5, 1 ,2) ml y se observó el crecimiento.

Finalmente, para determinar el crecimiento de la biomasa bacteriana se realizó pruebas de viabilidad en medio líquido de sales con dosis de biol que fueron medidas por turbidimetría con ayuda del espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm. Posteriormente se realizó la inoculación del cultivo bacteriano al suelo de estudio. En la fase dos se realizó la determinación de la conductividad eléctrica a partir de la relación 1:5 con el conductímetro y el pH con el potenciómetro con la misma relación entre suelo-agua. La determinación de Na intercambiable se realizó con el equipo de absorción atómica.

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño Completamente al Azar con un análisis estadístico de comparación Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1. Efecto de diferentes dosis de biol sobre crecimiento de las bacterias halófilas

Aparecieron colonias de coloración anaranjada cuando se aplicó en el medio 1ml de Biol con un crecimiento moderado, en cambio colonias amarillas no desarrollaron con dosis de biol 0,5 biol, portanto puede decirse que el biol causa inhibición de crecimiento bacteriano de la colonia amarilla.

El tratamiento control 2, conformado por medio mínimo de sales, glucosa y bacterias halófilas presentó un crecimiento exponencial en los primeros 20 días. El tratamiento de 10% biol y medio mínimo de sales presentó un crecimiento bacteriano constante en el tiempo, pero no mayor

respecto al control 1 (control positivo). De este comportamiento, se puede concluir que la presencia de carbono (glucosa) en el medio, favorece el crecimiento y de las bacterias. Asimismo, el contenido de biol mantiene constante a la población bacteriana en el tiempo, lo que implica que la glucosa es una buena fuente de carbono.

Las bacterias utilizan la glucosa como fuente de carbono, como parte importante de su metabolismo, muchas de ellas solo requieren adicionalmente algunas moléculas simples para crecer y son consideradas nutricionalmente no exigentes. (Merino, 2012). Los microorganismos poseen en su estructura, como elemento predominante el carbono, por lo que es deducible que necesitan hacer un intercambio del elemento con el medio. La falta de las fuentes de carbono implica que las bacterias deben luchar con otras y buscar otros métodos para nutrirse (Zarate, 2003).

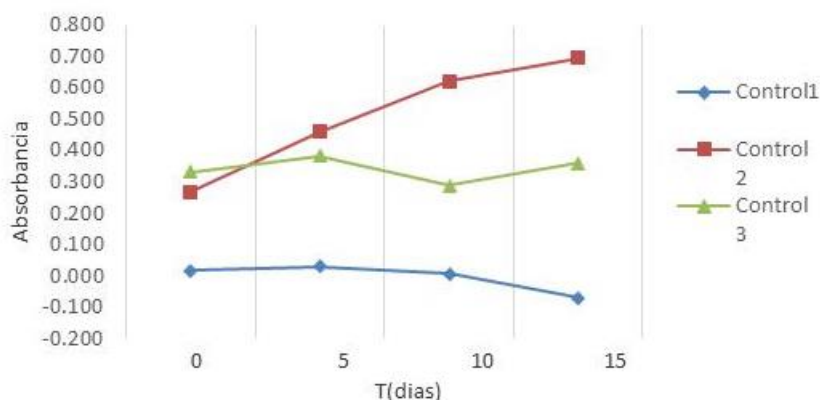


Figura 1. Tendencia de crecimiento de bacterias en medio mínimo líquido

Control 1: Control positivo. Medio Mínimo de sales sin glucosa ni biol; *Control 2:* Control positivo. Medio Mínimo de sales con glucosa (10g/l); *Control 3:* Biol. Medio Mínimo +10%biol

Fase 2. Conductividad Eléctrica en suelo adicionando medio de cultivo con bacterias halófilas y dosis altas de biol

En los tratamientos T1, T2 y T3 la conductividad eléctrica aumento

considerablemente, debido al incremento de los niveles de salinidad en el suelo en un corto tiempo siendo que el tratamiento 3 con 200 ml de biol (dosis alta) más el cultivo bacteriano registro valores de 3.8 mS/cm, el tratamiento dos con 150 ml de biol en la cuarta semana registro valores de 3,60 mS/cm (valor alto) por tal motivo se pauso la experimentación en la cuarta semana con el objetivo de identificar el factor causante del incremento desfavorable de la conductividad

eléctrica. Se identificó al biol como el factor causante de con una conductividad eléctrica muy

alta de C.E.= 18mS/cm, por tal motivo se decidió comenzar un nuevo ensayo con dosis bajas.

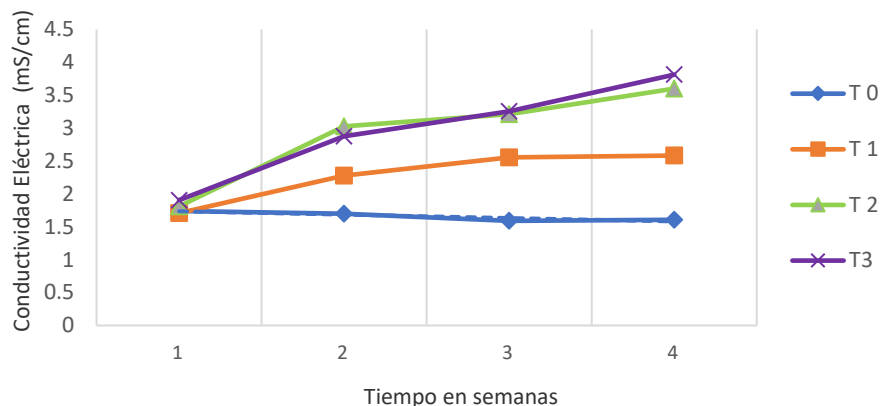


Figura 2. Comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo incorporando cultivo bacteriano, agua y dosis altas de biol.

Dónde:

- To:** Testigo (200 ml de agua);
- T1:** 40 ml de cultivo bacteriano+50 ml de biol+200 ml de agua;
- T2:** 40 ml de cultivo bacteriano+150 ml de biol+200 ml de agua;
- T3:** 40 ml de cultivo bacteriano+200 ml de biol+200 ml de agua.

La conductividad eléctrica del T1 llegó a valores de 1666-1129 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta disminución puede ser explicada por el metabolismo de absorción de su biomasa donde las bacterias acumularían y/o liberarían sales a medida que van creciendo, el T0 presenta una pequeña disminución a la que se atribuye al lavado de sales, el T1 donde se aplicó 40ml de cultivo bacteriano resultó ser mejor comparado con el T2 y T3 a los que se agregó biol en dosis ajustadas de 25 y 50 ml respectivamente. En el T3 se observa que la conductividad eléctrica se estabiliza por el biol

Conductividad Eléctrica en suelo con bacterias y dosis “ajustadas” de biol

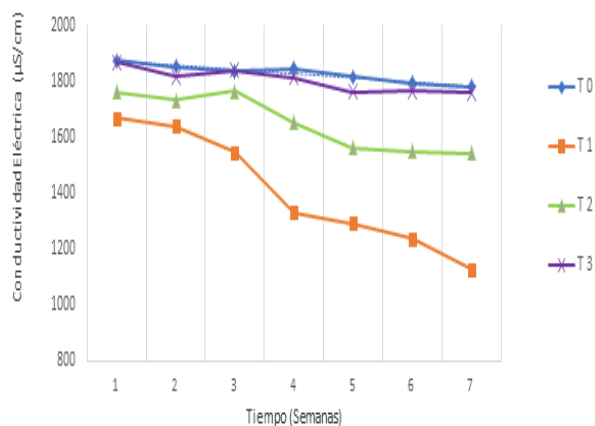


Figura 3. Comparación de la conductividad eléctrica del suelo incorporando cultivo bacteriano, agua y dosis ajustadas de biol.

Comportamiento del pH del suelo con cultivo bacteriano y dosis de biol ajustada

El tratamiento T3 presentó un valor de pH de 6,38 y el tratamiento 2 con una media de 7,22 y el tratamiento T0 y T1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Según las medias de los tratamientos con biol, se observó que hubo una disminución ligera de pH. Asimismo, las bacterias halófilas necesitan pH no muy ácidos para sobrevivir ya que su ambiente se caracteriza por un pH ligeramente básico pero se logran adaptar si les

damos condiciones para asegurar su sobrevivencia. (Calderón del Cid, 2015).

El medio se acidificó debido a la presencia de la respiración de microorganismos, de acuerdo a Guerrero, et.al. (2012). Además Zuazo (2013), dicen que a pH cercanos a la neutralidad, estos resultan aptos para un normal desarrollo de los microorganismos del suelo, logrando de esta manera que los nutrientes sean fácilmente disponibles para la población de microorganismos en el suelo. Figura 4. Variación del pH en los diferentes tratamientos.

Contenido de Sodio en suelo con bacterias y dosis “ajustada”de biol

Observando la figura 4 se puede observar que la cantidad de sodio intercambiable disminuye en todos los tratamientos desde la cuarta semana llegando a la séptima semana el T1, T2 y T3 a un valor de 0,93- 0,94 de sodio intercambiable en el suelo, es muy probable que la acción de las bacterias halófilas sean las responsables de la disminución de sodio en el suelo de este modo se concluye que las bacterias por su metabolismo de biosorción capturaron sodio en su metabolismo. No hay diferencia significativa entre tratamientos siendo iguales entre si estadísticamente por lo que no se realizó la prueba de comparación de medias Duncan.

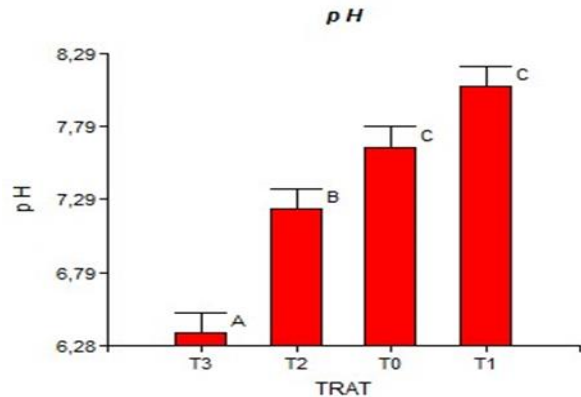


Figura 4. Tendencia de comportamiento de Sodio intercambiable en el suelo.

Conductividad Eléctrica en suelo con yeso

La figura 5, se puede apreciar una de la conductividad eléctrica en todos los tratamientos, siendo el T3 el mejor de los tratamientos disminuyendo la conductividad del suelo de un 1852 a 1768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es decir que, añadiendo más yeso hay una disminución notable de la conductividad por el reemplazo existente del Na por el Ca. Los tratamientos T2 y T3, fueron los que presentaron menor valor de conductividad eléctrica (de 1763 y 1776 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente). Estos tratamientos no difieren de forma estadísticamente, pero son significativamente diferentes a los tratamientos To y T1 que presentan media de 1827 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1804 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

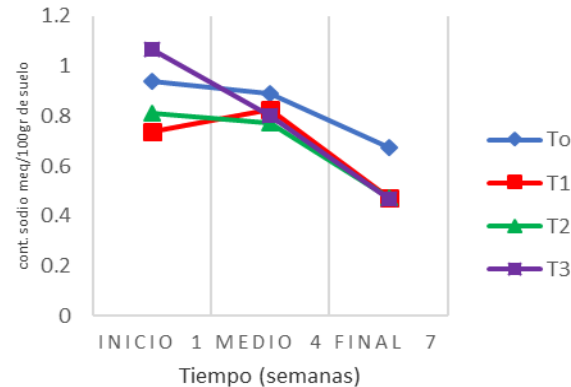


Figura 5. Contenido de sodio (meq/100 gr suelo).

La tecnología convencional es la utilizada tradicionalmente por agricultores para disminuir los niveles de salinidad en el suelo. La aplicación de yeso aumenta la permeabilidad de los suelos floculando las partículas de arcilla, logrando aumentar el porcentaje de poros medianos disminuyendo los microporos.

Costa y Godz (2000), en un trabajo de similares características explican que el mejoramiento de la infiltración en el suelo es un factor que causa el lavado de sales generadas por la aplicación de la enmienda. Mantener una concentración de electrolitos es de crucial importancia, dado que favorece la circulación de agua.

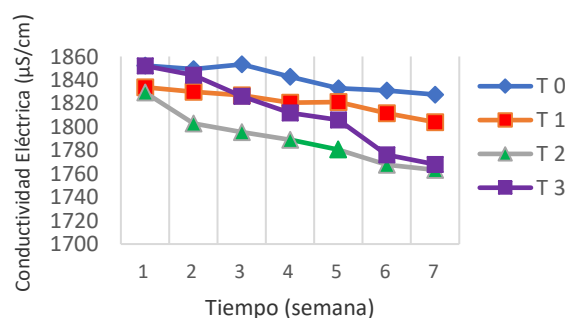


Figura 5. Comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo incorporando diferentes dosis de yeso.

pH del suelo con yeso

La cantidad de yeso incorporado al suelo dio lugar a variaciones en el pH del suelo. Al realizar la comparación de medias, los tratamientos T1, T0 obtuvieron los resultados más bajos con medias de 7,69 y 7,77 respectivamente, siendo los tratamientos T0 con el T2 y T3 poco diferentes entre sí estadísticamente.

En la mayoría de los tratamientos el pH tiende a tener un comportamiento ascendente por tanto los tratamientos de una u otra forma gana sales con el tiempo. Se muestra una ligera subida del pH los valores de 7,5 a 7,8 estos valores están en el rango de aceptables para el crecimiento de las plantas de cultivo. (Chilón, 2012)

La técnica más comúnmente utilizada para elevar el pH del suelo es la aplicación de Yeso Agrícola. La solubilidad de Yeso Agrícola es relativamente baja, por lo que si se aplica sólo a la superficie del suelo, es probable que sólo afectará a la capa superior del suelo, no más de unos pocos centímetros de profundidad. (Castellanos, 2000)

Al realizar la comparación de medias, los tratamientos T1, T0 obtuvieron los resultados más bajos con medias de: 7,69 y 7,77 respectivamente, siendo los tratamientos T0 con el T2 y T3 poco diferentes entre sí estadísticamente.

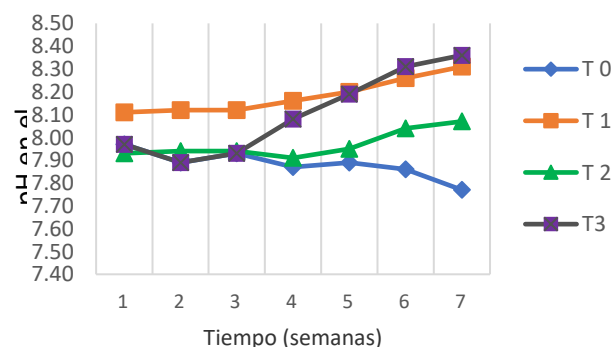


Figura 6. Comportamiento del pH del suelo incorporando diferentes dosis de yeso

Contenido de Sodio en suelo incorporando dosis de yeso

La cantidad de yeso incorporado al suelo tuvo variación sobre el contenido de sodio del suelo. Al realizar la comparación de medias se observó que los tratamientos T2 y T3 obtuvieron los mejores resultados con una media de: 1,18 y 1,26 meq/100g de suelo respectivamente, siendo que los tratamientos T0 y T1 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí. El tratamiento 3 fue el más eficiente, esto indica que la incorporación de 2 gramos de yeso con 800 ml de agua cada dos semanas al suelo dio lugar a una disminución del contenido de sodio en la cuarta semana de evaluación.

Como el resultado de la aplicación de yeso, disminuyó el contenido de sodio en el suelo, esto se atribuye al desplazamiento progresivo del ion sodio de complejo de cambio por el ión calcio y su posterior lixiviación a horizontes profundos. (López, 2009)

El yeso es utilizado en la recuperación de suelos, el cual suministra calcio que reemplaza al sodio que persiste en los sitios de unión con la arcilla. El sulfato es el residuo del yeso; sin el yeso el suelo no sería lixiviable. (Fernández, Rodríguez, et al, 2014)

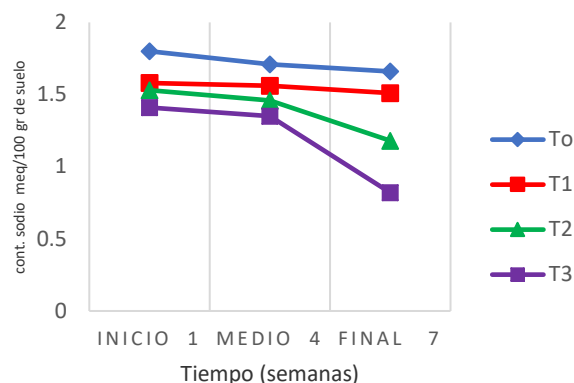


Figura 7. Tendencia de comportamiento de contenido de sodio en el suelo con yeso.

CONCLUSIONES

Las bacterias asimilaron sodio del sustrato, por lo que podría concluirse que estos microorganismos pueden ser utilizados para la disminución de estos compuestos en suelos con problemas de salinidad. Asimismo, la utilización de yeso disminuye la concentración de sodio del sustrato, y se mejoran otras propiedades físicas y químicas como el pH, la conductividad eléctrica.

Por otro lado, el uso de los vióles deben ser utilizados con precaución en suelos salinos, ya que este insumo presenta sales, lo cual podría tener un efecto contrario al que se pretende lograr.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Calderon del Cid, C. (2015). Estudio del efecto de inoculación de bacterias en un suelo extremadamente Salino. Trabajo de investigación. Universidad de San Carlos. Guatemala.6-15p.
- Castellanos,J. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. Guanajuato, Mexico: Intagri 26p.Recuperado el 15 de abril del 2016 de:www.fecchiapas.com.mx/sistema/bibliotecas.../manual-de-suelo.pdf
- Costa JL y Godz. (2000). Aplicación de yeso a un natricol de sud este de la pampa. Ciencia del

suelo 17 (2): 21-27, Argentina. Recuperado de: [http:// www.scielo.org.ar/scielo.php](http://www.scielo.org.ar/scielo.php)

Fernández, I., Rodríguez, G, (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. Revista digital. Dep Hombre ambiental. 1: 26-35.

Lopez, (2009). Salinización y sodificación – agrilife-Europa. Recuperado de: agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/ESFactSheet-04.pdf

Manzano, J., Rivera, P., et al. (2013).Rehabilitation of Saline-Sodic Soils: A case study in Irrigation District 086.Tierra Latinoamericana, 32 (3): 11p.

Orsag, V. (2009). Degradación de suelos en el Altiplano. IBEPA, 1 (3). Recuperado de: www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ra/v1n3/v1n3a06.pdf

Ponce y Torrez, (2003). Yeso. Minerales para la agricultura Latinoamericana: SEGEMA. Recuperado de: www.ib.unam.mx/directorio/171/divulgacion

Zavaleta A.,(1992). Edafología. Conceptos fundamentales sobre el suelo. Perú- Lima. Universidad Agraria la Molina. Pontificia Universidad la Católica del Perú.

Zuñiga, E., Mujica P., Benavidez, R. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por la salinidad. Revista Facultad de Agronomía Medellín, v. 64, n.1. 5769-5779. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378/3710>