



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Hernández Perales, Ma. Magdalena; Cisneros Almazán, Rodolfo; Ortega-García, Jesús;
Márquez Hernández, Cándido; Reyes-Pérez, Juan José; Murillo-Amador, Bernardo;
Hernández Montiel, Luis G.; Nieto-Garibay, Alejandra; Rueda-Puente, Edgar O.
Mitigación del efecto de sales clorhídricas y sulfáticas en la germinación de *Salicornia
bigelovii* (Torr.) por bacterias benéficas in vitro
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 7, núm. 4, mayo-junio, 2016, pp. 923-934
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146721016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Mitigación del efecto de sales clorhídricas y sulfáticas en la germinación de *Salicornia bigelovii* (Torr.) por bacterias benéficas *in vitro**

Mitigating the effect of chloride salts and sulfáticas germination of *Salicornia bigelovii* (Torr.) by beneficial bacteria *in vitro*

Ma. Magdalena Hernández Perales¹, Rodolfo Cisneros Almazán¹, Jesús Ortega-García², Cándido Márquez Hernández³, Juan José Reyes-Pérez⁴, Bernardo Murillo-Amador⁵, Luis G. Hernández Montiel⁴, Alejandra Nieto-Garibay⁵ y Edgar O. Rueda-Puente^{2,8}

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Departamento de Biotecnología. Álvaro Obregón 64, Centro Histórico, 78000 San Luis Potosí. (magda_8888@hotmail.com; cisnerro@uaslp.mx). ²Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Boulevard Luis Encinas y Rosales, Hermosillo, Sonora, México. (jortega@guayacan.uson.mx). ³Universidad Juárez del estado de Durango. Colonia Filadelfia, Gómez Palacio, Durango 35056. (canomh2@yahoo.com.mx). ⁴Technical University of Cotopaxi, Ecuador. Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe. Latacunga-Ecuador. (jjreyesp1981@gmail.com; lhernandez@cibnor.mx). ⁵Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. CIBNOR. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B C S, México, C. P. 23096. (bmurillo04@cibnor.mx; anieto04@cibnor.mx). ⁸Autor de correspondencia: erueda04@santana.uson.mx.

Resumen

En México 30% de su superficie agrícola está afectada por la salinidad. Lo anterior expuesto repercute para que una agricultura convencional a base de glicófitas, no sea redituable y productiva. Con el interés de ampliar el conocimiento con halófitas de interés agroindustrial y poder proponerlas al sector productivo que presenta problemas de sales, se desarrolló el presente estudio bajo condiciones de salinidad clorhídrica y sulfática inducida, evaluando dos genotipos de *Salicornia bigelovii* en las etapas de germinación y desarrollo (genotipo mejorado SOS-7 y genotipo silvestre Bahía de Kino= BK=), desarrollándola en condiciones de salinidad: dos de cloruro de sodio (NaCl) a 0.5 molar y a 1 molar y dos de sulfato de calcio ($\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) a 0.5 Molar y a 1 Molar, con la inoculación de dos bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) (*Azospirillum halopraeferens*= Ah y *Klebsiella pneumoniae*= Kp) y un control sin inocular. Los resultados indican que al evaluar a *Salicornia* en condiciones salinas clorhídricas y sulfáticas con la inoculación de BPCV, entre los resultados obtenidos figuran que un porcentaje mayor de germinación fue observado en presencia de las BPCV, sobresaliendo aquellos inoculados con Kp. Se observó, que conforme la

Abstract

In Mexico 30% of its agricultural land is affected by salinity. This affects exposed to conventional agriculture based glycophyte not be profitable and productive. In the interest of expanding knowledge with halophytes of agroindustrial interest and to propose them to the productive sector presents problems of salts, this study under conditions of hydrochloric salinity and induced sulfate developed, evaluated two genotypes of *Salicornia bigelovii* in the stages of germination and development (improved genotype SOS-7 and wild genotype Bay Kino= BK=), developing in salinity conditions: two sodium chloride (NaCl) at 0.5 molar and 1 molar and two calcium sulfate ($\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) to 0.5 Molar and 1 Molar, with inoculation of two plant growth promoting bacteria (PGPR) (*Azospirillum halopraeferens*= Ah and *Klebsiella pneumoniae*= Kp) and an uninoculated control. The results indicate that when evaluating *Salicornia* in saline conditions sulfate and hydrochloric inoculation with BPCV, including the results include a greater percentage of germination was observed in the presence of BPCV, excelling those inoculated with Kp. It was observed that as the salinity increases, Kp presents be more effective with wild genotype BK. Studies concerning as possible bio-

* Recibido: enero de 2016
Aceptado: marzo de 2016

salinidad incrementa, Kp presenta tener mayor efectividad con el genotipo silvestre BK. Estudios concernientes como posibles biofertilizantes son necesarios en las diferentes etapas fenológicas con los genotipos en estudio, quienes para la etapa de germinación, resultaron tener expectativas.

Palabras clave: *Salicornia bigelovii*, *Azospirillum halopraeferens*, *Klebsiella pneumoniae*, germinación, genotipos.

Introducción

Las zonas consideradas con un alto potencial agrícola presentan aridez en 43% del área total del mundo (Rueda *et al.*, 2003). En México se encuentran suelos Solonchaks combinados con Calcisoles y se estima que en alrededor de 1.7 millones de hectáreas de las 6.2 millones de ha de riego, se presentan problemas de media a alta salinidad. Asimismo, estas áreas se caracterizan por presentar gran cantidad de sales disueltas de tipo carbonatos, sulfatos y yesos en una profundidad de entre 8 a 10 mm en el suelo, y pozos de aguas para uso agrícola, con alto contenido de sales (SEMARNAP, 1999). Estos suelos se ubican en el Desierto Chihuahuense y en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, Zacatecas y San Luis Potosí (INEGI, 2013). En el estado de San Luis Potosí, México, existen zonas que presentan problemas de media a alta salinidad (4 a 8 gr/L de agua), situación que ha repercutido en la productividad de una agricultura convencional.

Con la presencia de estas sales se limita el establecimiento de cultivos tradicionales al disminuir sus rendimientos, por lo que se requieren suplir las necesidades alimentarias de la población, con plantas que toleren altas concentraciones salinas tanto de suelo como de agua, y de este modo incorporar las tierras agrícolas o de baja producción a sistemas aprovechables para el desarrollo de cultivo.

Una alternativa pueden ser las plantas halófitas, que se desarrollan de forma natural en ambientes áridos salinos. Un género representativo con potencial aprovechable es *Salicornia bigelovii*, que ha sido propuesta como una alternativa agroindustrial para zonas áridas y el uso de agua salobres. Sin embargo, para desarrollarla como monocultivo requiere de una aplicación química nitrogenada que varía entre los 1 000 a 1 500 kg ha distribuido en tres etapas

fertilizantes son necesarios en las diferentes etapas fenológicas con los genotipos estudiados, quienes para la etapa de germinación, resultaron tener expectativas.

Keywords: *Salicornia bigelovii*, *Azospirillum halopraeferens*, *Klebsiella pneumoniae*, germination, genotypes.

Introduction

The areas considered to have high agricultural potential aridity in 43% of the total area of the world (Rueda *et al.*, 2003). In Mexico solonchaks soils are combined with calcisols and it is estimated that around 1.7 million hectares of the 6.2 million ha of irrigation problems presented average high salinity. Also, these areas are characterized by large quantity of salts dissolved carbonate type, sulphates and gypsum at a depth of 8 to 10 mm in the soil, and water wells for agricultural use, with high salt content (SEMARNAP, 1999). These soils are located in the Chihuahuan Desert and in the states of Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, Zacatecas and San Luis Potosí (INEGI, 2013). In the state of San Luis Potosí, Mexico, there are problems areas with medium to high salinity (4-8 g/L of water), a situation that has affected the productivity of conventional farming.

With the presence of these salts the establishment of traditional crops is limited by decreasing their yields, which are required to supply the food needs of the population, with plants that tolerate high salt concentrations of both soil and water, and thus incorporate agricultural or low production harvestable crop development systems land.

An alternative may be the halophytes, which grow naturally in saline arid environments. A representative genus with exploitable potential is *Salicornia bigelovii*, which has been proposed as an alternative for agro-arid areas and use of brackish water. However, to develop it as a monoculture requires a nitrogenous chemical application ranging from 1 000-1 500 kg distributed in three stages of phenology; these high applications of chemical fertilizers bring high salinization due to agricultural soils in arid areas such as the area of San Luis Potosí state (Martínez, 1996). An alternative solution to the above plan is the application of promoting bacteria plant growth, which have the particularity to fix atmospheric nitrogen in addition to

de su fenología; estas altas aplicaciones de fertilizantes químicos traen como consecuencia una alta salinización a suelos agrícolas de zonas áridas como lo son los de la zona del estado Potosino (Martínez, 1996). Una alternativa de solución a lo anteriormente planeado es la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, las cuales tienen la particularidad de fijar el nitrógeno atmosférico además de, producir y/o actuar como inductores en la síntesis de fitohormonas, en las que figuran las auxinas y giberelinas (AG_3) que promueven la germinación, floración y fructificación de las plantas. Con la finalidad de ampliar el conocimiento del comportamiento de *Salicornia bigelovii* con la interacción de bacterias benéficas bajo condiciones de salinidad se propuso evaluar el efecto de la inoculación de *Azospirillum halopraeferens* y *Klebsiella pneumoniae* y un control sin inocular en dos genotipos de *Salicornia bigelovii* (genotipo mejorado SOS-7 y genotipo silvestre Bahía de Kino=BK=), en las etapas de germinación y desarrollo inicial de plántula desarrollándola en condiciones de salinidad: cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de calcio ($Ca_2SO_4+2H_2O$) a 0.5 molar y a 1 molar. Las variables evaluadas fueron: porcentaje y tasa de germinación, altura de plántula.

Metodología

El presente trabajo se realizó en dos etapas fenológicas: de germinación y de plántula inicial en los invernaderos del área Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

Etapas de germinación

Obtención y selección de semilla. Primeramente se colectaron semillas de plantas maduras de dos genotipos de *Salicornia bigelovii*, (silvestre y mejorado); el silvestre se desarrolla en forma natural en el Estero Bahía de Kino (BK) entre los paralelos latitud norte $31^{\circ} 18' 41.64''$ longitud oeste, latitud norte $113^{\circ} 33' 31.88''$ longitud oeste y el mejorado corresponde a la variedad SOS-7, la cual fue proporcionada por el Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

Higienización de semillas. Previo a la selección de semillas, para el caso del genotipo silvestre, la colecta de semillas fue seleccionando plantas maduras y secas de las poblaciones anteriormente citadas. Posteriormente las semillas fueron cernidas utilizando una maya de 2 mm de diámetro. Se

produce and / or act as inducers in the synthesis of plant hormones, which include auxin and gibberellins (AG_3) that promote germination, flowering and fruiting plants. In order to expand the knowledge of the behavior of *Salicornia bigelovii* with the interaction of beneficial bacteria under saline conditions set out to evaluate the effect of inoculation of *Azospirillum halopraeferens* and *Klebsiella pneumoniae* and an uninoculated control in two genotypes of *Salicornia bigelovii* (improved genotype SOS-7 and wild genotype Bahía Kino= BK=) in the stages of germination and early development of seedlings developing it in saline conditions: sodium chloride (NaCl) and calcium sulfate ($Ca_2SO_4+2H_2O$) to 0.5 molar and 1 molar. The variables evaluated were: percentage and germination rate, height of seedling.

Methodology

This work was conducted in two phenological stages: germination and early seedling greenhouses agroindustrial area of the faculty of engineering of the Autonomous University of San Luis Potosi (UASLP).

Germination stage

Collection and seed selection. First seeds mature plants of two genotypes of *Salicornia bigelovii* were collected (wild and improved); wild develops naturally in the Estero Bay Kino (BK) between the parallel north latitude $31^{\circ} 18' 41.64''$ west longitude, latitude north $113^{\circ} 33' 31.88''$ west longitude and improved corresponds to the variety SOS-7, which it was provided by the salinity laboratory of the department of agriculture of the University of Sonora.

Sanitization seed. Prior to the selection of seeds, in the case of wild genotype, seed collection was selecting ripe and dried plants of the above populations. Then the seeds were sieved using a mesh 2 mm in diameter. The larger seeds were selected and uniformly colored without apparent damage based on size and appearance. In the first, considering a size 2 mm using spatulas and separation in appearance, those that showed a uniform genotype of each color.

In the present study, a statistical design was applied a completely random arrangement trifactorial ($2 \times 4 \times 3$): factor A: two genotypes; factor B: saline concentrations: two sodium chloride (NaCl) at 0.5 molar and 1 molar and two calcium ($Ca_2SO_4+2H_2O$) sulfate 0.5 molar and 1 molar,

seleccionaron las semillas de mayor tamaño, así como de color uniforme y sin daños aparentes en base a tamaño y apariencia. En el primero, considerando un tamaño 2 mm haciendo uso de espátulas de separación y en la apariencia, aquellas que mostraron un color uniforme de cada genotipo.

En el presente estudio, se aplicó un diseño estadístico completamente al azar con un arreglo trifactorial ($2 \times 4 \times 3$): factor A: dos genotipos; factor B: concentraciones salinas: dos de cloruro de sodio (NaCl) a 0.5 molar y a 1 molar y dos de sulfato de calcio ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) a 0.5 molar y a 1 molar, factor C: dos bacterias (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) y *Klebsiella pneumoniae* (Kp) y un control sin inocular. Lo anterior origina 24 tratamientos; cinco repeticiones de 50 semillas cada una, fueron consideradas, lo cual arroja un total de 6 000 unidades experimentales.

Determinación de la viabilidad de las semillas. Fueron depositadas en recipientes con agua potable por una hora y desechar aquellas que flotaron. Posteriormente fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante tres minutos y luego enjuagadas con agua destilada estéril tres veces para quitar el exceso de hipoclorito (Carrillo *et al.*, 1998; Rueda *et al.*, 2003).

Desarrollo de las bacterias *Azospirillum halopraeferens* y *Klebsiella pneumoniae*. Para el crecimiento de los microorganismos en estudio: *Azospirillum halopraeferens* y *Klebsiella pneumoniae*, se realizó haciendo uso de un medio de cultivo bacteriano denominado "RENNIE" (Rennie, 1981), el cuál no presenta una fuente enriquecida de nitrógeno. Este cultivo se realizó utilizando un matraz de un litro, posteriormente se depositó 1 ml de las bacterias en estudio (cada una por separado) y dejó transcurrir un tiempo de 16 h de crecimiento cinético bacteriano, ya que este es la límite para obtener células bacterianas maduras. Después se transfirieron 10 ml de cada una de las bacterias por separado a un tubo de 20 ml y se centrifugó a 4 500 revoluciones por minuto (rpm) durante 10 minutos, se extrajo el pelet bacteriano y añadido en 10 ml de solución salina al 0.85% para resuspender el botón celular (pelet bacteriano). Se resuspendió el botón y se midió la densidad óptica a 540 nm haciendo uso de un espectrofotómetro marca Milton Roy Company Spectronic 20D. La lectura considerada de densidad óptica fue de uno, lo que nos indica que la muestra del inóculo tiene aproximadamente 10^9 unidades formadoras de colonias (UFC/ml). Luego se transfirió 1 ml, del inóculo ajustado, a un tubo de ensayo con 9 ml de solución salina al 0.85% para obtener una dilución de 10^7 UFC/ml. (Carrillo *et al.*, 1998).

factor C: two bacteria (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) and *Klebsiella pneumoniae* (Kp) and a control uninoculated. This causes 24 treatments, five replications of 50 seeds each, were considered, which shows a total of 6 000 experimental units.

Determining seed viability. They were deposited in containers with drinking water for an hour and discard those that floated. They were then disinfected in a solution of sodium hypochlorite 3% for three minutes and then rinsed with sterile distilled water three times to remove excess hypochlorite (Carrillo *et al.*, 1998; Rueda *et al.*, 2003).

Development of bacteria *Azospirillum halopraeferens* and *Klebsiella pneumoniae*. For growth of the microorganisms under study: *Azospirillum halopraeferens* and *Klebsiella pneumoniae* was performed using a bacterial culture medium called "RENNIE" (Rennie, 1981), which does not present an enriched nitrogen source. This culture was performed using a one liter flask, then 1 ml of the bacteria deposited under study (each separately) and allowed to proceed time 16 h bacterial kinetic growth as this is the limit for bacterial cells mature. After 10 ml of each of the bacteria individually to a 20 ml test tube were transferred and centrifuged at 4 500 revolutions per minute (rpm) for 10 minutes, the bacterial pellet was removed and added to 10 ml of saline 0.85% to resuspend the cell pellet (bacterial pellet). The button is resuspended and the optical density at 540 nm was measured using a spectrophotometer Roy Company Spectronic mark 20 D Milton. The optical density reading was considered one, which indicates that the sample of the inoculum is about 10^9 colony forming units (UFC/ml). Then 1 ml of the adjusted inoculum was transferred to a test tube with 9 ml of 0.85% saline to obtain a dilution of 10^7 UFC/ml. (Carrillo *et al.*, 1998).

Inoculating seed. The inoculation of the seeds by *Klebsiella* and *Azospirillum* bacteria was carried out using the technique called "vacuum" as described by Carrillo *et al.* (1998), which consists of using a pump Gast brand, model 5KH33GN293KX. The individual groups of 100 seeds of each genotype, after 24 hours after disinfection were placed in a 500 ml flask, then 100 ml of media enriched with bacteria at a concentration of 10^7 UFC/ml was added. The flasks seeded and bacterial medium subjected to the action of vacuum (600 mmHg) for 5 min. Each seed groups (100) of their respective treatment (genotype-bacteria-salinity) were deposited in Petri dishes previously sterilized presenting sponge support.

Inoculación en semilla. La inoculación de las semillas por las bacterias *Klebsiella* y *Azospirillum*, se llevó a cabo utilizando la técnica denominada “al vacío” como lo describe Carrillo *et al.* (1998), la cual consiste en el uso de una bomba marca Gast, modelo 5KH33GN293KX. Grupos individuales de 100 semillas de cada genotipo, al cabo de 24 horas después de la desinfección, fueron colocados en un matraz de 500 ml, posteriormente se añadieron 100 ml de medios enriquecidos con bacterias con una concentración de 10^7 UFC/ml. Después los matraces con semilla y medio bacteriano se sometieron a la acción del vacío (600 mmHg) durante 5 min. Cada uno de los grupos de semillas (100) de su respectivo tratamiento (genotipo-bacteria-salinidad), fueron depositadas en cajas Petri previamente esterilizadas que presentaban una esponja de sostén.

Condiciones *in vitro*. Las cajas Petri fueron ubicadas en una incubadora (Mca. Shel Lab modelo 1380 FM) a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa de 35% durante 15 días; cada una de las cajas de cada genotipo fue irrigada de manera inicial con una cantidad de 25 ml diariamente durante el transcurso del estudio, (considerando el tipo de solución salina: cloruro de sodio (NaCl) a 0.5 molar y a 1 molar y sulfato de calcio ($\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) a 0.5 molar y a 1 molar, respectivamente). La germinación se hizo en condiciones de oscuridad continua.

Variables evaluadas *in vitro*. Las variables de estudio fueron: porcentaje y tasa de germinación; para obtener este dato se examinaron las cajas Petri cada tercer día hasta el final del estudio. La longitud radicular y altura de plántula, fueron medidas con un vernier Marca JONSHON; para conocer el número de bacterias adheridas a la raíz, se tomaron cinco plántulas por repetición y fueron agitadas durante 10 s en tubos de ensayo en una solución salina estéril de 0.85% de NaCl. De la suspensión se tomó 0.1 ml y se sembró en estría al cuadrante en cajas Petri con medio de cultivo de bacterias “Rennie”. Las mismas fueron incubadas durante 36 h a una temperatura de 28 °C. Posteriormente, se contabilizaron con un contador manual las colonias de bacterias existentes. El peso fresco fue pesado en una balanza analítica Mettler-Toledo GmbH, considerando 5 plántulas por repetición; finalmente las mismas fueron secadas en una cámara de secado (Mca. Shel Lab modelo 1380 FM) a 80 °C para tomar su peso nuevamente.

En el presente estudio, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con 16 tratamientos y cinco repeticiones cada uno de ellos. Utilizando este mismo

Conditions *in vitro*. The petri dishes were placed in an incubator (Mca. Shel Lab model 1380 FM) at a temperature of 25 °C and a relative humidity of 35% for 15 days; each of the boxes of each genotype was irrigated in initially with an amount of 25 ml daily during the course of the study (considering the type of saline: sodium chloride (NaCl) at 0.5 molar and 1 molar and calcium sulfate ($\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) 0.5 molar and 1 molar, respectively). Germination was under continuous darkness.

Variables evaluated *in vitro*. The study variables were: percentage and germination rate; to obtain this information the Petri dishes were examined every other day until the end of the study. The root length and seedling height were measured with a vernier brand JONSHON; for the number of bacteria adhering to the root five seedlings per repetition were taken and were stirred for 10 s in test tubes in a sterile saline 0.85% NaCl. 0.1 ml of the suspension was taken and planted quadrant streaking in Petri dishes with bacteria culture medium “Rennie”. They were incubated for 36 h at a temperature of 28 °C. Later, they were counted with a manual counter the colonies of bacteria. The fresh weight was weighed on an analytical balance Mettler-Toledo GmbH, recital 5 seedlings per repetition; these were finally dried in a drying chamber (Mca. Shel Lab model 1380 FM) at 80 °C to take your weight again.

A completely randomized statistical design with 16 treatments and five replications each was used in this study. Using this same design, analysis of variance transforming previously germination percentage percentage values arcsin (Sokal and Rohlf, 1988) were performed. The germination rate, which is the sum of germinated seeds in a time was counted daily for the first four days, and from the same (4th day), readings were taken every third day. The germination rate was also analyzed. The least significant difference between treatment means, of the variables (percent and germination rate, height, root length, fresh weight of seedling, seedling dry weight and number of bacterial cells adhering to the root), were evaluated by the multiple range test of duncan 0.05%. Data were analyzed using statistical computer program SAS (SAS, 2001).

Results and discussion

According to the methodology referred above, the results shown below.

diseño, se realizaron análisis de varianza del porcentaje de germinación transformando previamente los valores porcentuales con arcoseno (Sokal y Rohlf, 1988). La tasa de germinación, que es la suma de semillas germinadas en un tiempo, fue contabilizada diariamente durante los cuatro primeros días, y a partir del mismo (4º día), las lecturas se tomaron cada tercer día. La tasa de germinación, también fue analizada. La diferencia mínima significativa entre las medias de los tratamientos, de las variables estudiadas (porcentaje y tasa de germinación, altura, longitud radicular, peso fresco de plántula, peso seco de plántula y número de células bacterianas adheridas a la raíz), fueron evaluadas mediante la prueba de rango múltiple de Duncan al 0.05%. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico de cómputo SAS (SAS, 2001).

Resultados y discusión

De acuerdo a la metodología anteriormente planteada, los resultados se muestran a continuación.

Germinación de genotipos de *Salicornia bigelovii*, (Bahía de Kino= BK= y SOS-7) con la inoculación de *Azospirillum halopraeferens* (Ah) y *Klebsiella pneumoniae* (Kp), bajo condiciones de salinidad (0.5 y 1 M de cloruro de sodio= NaCl= y sulfato de calcio= $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ =).

Los resultados obtenidos al hacer el uso de una salinidad de cloruro de sodio (0.5 M) sobre los dos genotipos de *Salicornia bigelovii* (BK y SOS-7) con la inoculación de bacterias, el genotipo SOS-7 mostró el mejor porcentaje de germinación (91.3%) inoculado con Kp, siguiéndole en segundo plano, el mismo genotipo SOS-7 con 82.9 inoculado con Ah (Figura 1); un similar comportamiento con el genotipo silvestre fue observado (BK), sobresaliendo aquel inoculado con Kp en comparación de Ah (79.2 contra 77.6%, respectivamente). Con relación al uso de sulfato de calcio (0.5 de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$), SOS-7 mostró valores de 80.1 contra 79.3, inoculados con Kp y Ah, respectivamente. Mientras que el ecotipo BK, se mostró inferior en comparación de SOS-7, arrojando valores de 69.1 y 68.3, ambos inoculados con Kp y Ah, respectivamente. Por su parte los ecotipos no inoculados en ambas soluciones salinas, mostraron los valores más bajos (Figura 1).

Germination of genotypes of *Salicornia bigelovii* (Bahía de Kino= BK= and SOS-7) with inoculation of *Azospirillum halopraeferens* (Ah) and *Klebsiella pneumoniae* (Kp) under conditions of salinity (0.5 and 1 M sodium chloride= NaCl= and calcium sulfate= $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ =).

The results obtained by making use of a salt chloride of sodium (0.5 M) on the two genotypes of *Salicornia bigelovii* (BK and SOS-7) with the inoculation of bacteria, the SOS-7 genotype showed the best germination percentage (91.3%) inoculated with Kp, following him in the background, the same genotype SOS-7 with 82.9 inoculated with Ah (Figure 1); similar behavior to the wild genotype was observed (BK), that inoculated with protruding Kp compared Ah (79.2 against 77.6%, respectively). Regarding the use of calcium sulphate (0.5 of $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$), SOS-7 showed values of 80.1 against 79.3, inoculated with Kp and Ah, respectively. While BK ecotype was lower compared SOS-7, yielding values of 69.1 and 68.3, both inoculated with Kp and ah, respectively. Meanwhile uninoculated ecotypes in both saline solutions showed the lowest values (Figure 1).

To a salinity of 1 M of NaCl, genotype uninoculated BK, reduced the percentage of germination up to 75% compared to 0.5M. However, being inoculated with beneficial bacteria, the germination percentage is even reduced by 50% (48.2% with 45.3 Kp and with Ah). With regard to vegetative material SOS-7, 1 M of NaCl, who was not inoculated was significantly affected germination, achieving only 10% germination. However, to be inoculated percentage of germination was favored by 55.3 and 57.2 with Ah and Kp, respectively. The same genotype BK 1M of CaSO_4 (inoculated with Kp and Ah) reduced the percentage of germination by 55%, compared with 0.5 M of $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$. However, SOS-7 uninoculated was affected up to 74% less (18%).

Regarding SOS-7, subjected to 1 M of $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, there were no significant differences between SOS-7 inoculated with Kp and Ah (35.1 against 34.2), respectively. SOS-7 uninoculated, reduced germination up to 60% less (11%) compared with the inoculated Kp and Ah. The results of inoculation match Bashan and Holguin (1997); Meza *et al.* (2015), which indicate the use of bacterium induces germination because phytohormone synthesis released. Another factor observed in this study and which other research glister (Besnier, 1988; Camacho, 1994), is the

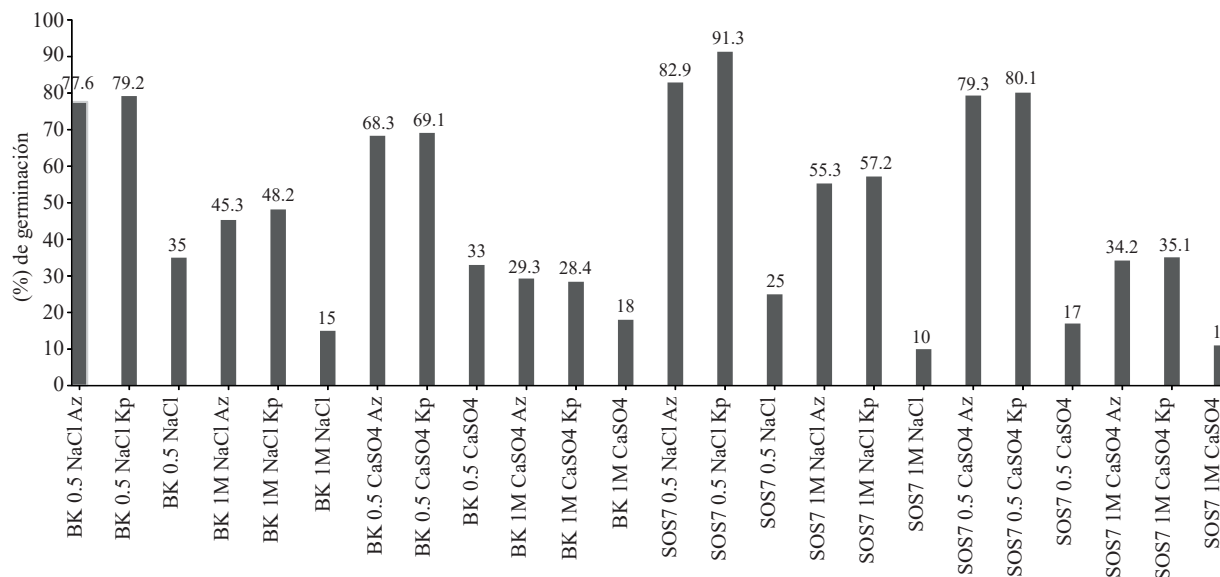


Figura 1. Porcentaje de germinación de genotipos de *Salicornia bigelovii* (material silvestre Bahía de Kino= BK y material mejorado SOS-7), inoculados con las bacterias =kp= *Klebsiella pneumoniae* y =Ah= *Azospirillum halopraeferens* a 0.5 y 1 M de NaCl y 0.5 y 1 de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.005$).

Figure 1. Percentage of germination of *Salicornia bigelovii* genotypes (wild material Kino Bay= BK and improved material SOS-7), inoculated with bacteria *Klebsiella pneumoniae*=kp= y Ah= *Azospirillum halopraeferens* to 0.5 and 1 M of NaCl and 0.5 and 1 $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$. The letters indicate significant differences ($p < 0.005$).

A una salinidad de 1 M de NaCl, el genotipo BK sin inocular, redujo su porcentaje de germinación hasta en un 75% en comparación con 0.5M. Sin embargo, al ser inoculado con las bacterias benéficas, el porcentaje de germinación se ve reducido hasta en un 50% (48.2% con Kp y 45.3 con Ah). Con relación al material vegetativo SOS-7, a 1 M de NaCl, aquel que no fue inoculado se mostró significativamente afectada su germinación, logrando germinar sólo un 10%. Sin embargo, al ser inoculado su porcentaje de germinación se vio favorecido en un 55.3 y 57.2 con Ah y Kp, respectivamente. El mismo genotipo BK a 1M de CaSO_4 (inoculado con Kp y Ah), redujo su porcentaje de germinación en un 55%, en comparación con 0.5 M de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$. No obstante, SOS-7 no inoculado se vio afectado hasta en 74% menos (18%).

Con relación a SOS-7, sometido a 1 M de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, no hubo diferencias significativas entre SOS-7 inoculado con Kp y Ah (35.1 contra 34.2), respectivamente. SOS-7 sin inocular, redujo su germinación hasta en 60% menos (11%), en comparación de los inoculados con Kp y Ah. Los resultados de la inoculación concuerdan con Bashan y Holguin (1997); Meza *et al.* (2015), donde indican el uso de bacterias induce a la germinación, debido a la síntesis de fitohormonas liberadas. Otro de los factores observados en el presente estudio y del cual, otras investigaciones lo

germination inhibition effect of some abiotic factors such as temperature, humidity, light and salinity. The latter is an important factor that did not allow the genotypes in study *Salicornia bigelovii* germinate properly as salinity increased (Allison *et al.*, 1980; Ungar, 2000).

Germination rate of genotypes of *Salicornia bigelovii* (Bahia Kino= BK= and SOS-7) with the inoculation of bacteria (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) and *Klebsiella pneumoniae* (Kp)) to 0.5 M of NaCl and $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

The behavior of the different treatments on the germination rate at a salinity of 0.5 M of NaCl, the KB genotype inoculated with Kp, behaved significantly higher compared with the same genotype inoculated with Ah and SOS-7 with two inoculants as the tenth day reached its highest percentage (79.2%). However, it is important to note that the maximum percentage of germination was achieved by SOS-7 inoculated with Kp (91.3%) at 15 days after planting. Meanwhile genotypes (BK and SOS-7) uninoculated, where germination rate showed no favored dynamic, initiating the germination process on the sixth day.

Regarding the germination rate at a salinity of 0.5 M of CaSO_4 , the behavior was similar to 0.5 M of NaCl; i.e. the BK genotype inoculated with Kp showed an initial germination

relucen (Besnier, 1988; Camacho, 1994), es la inhibición de la germinación por efecto de algunos factores abióticos como temperatura, humedad, luz y salinidad. Este último es un factor importante que no permitió que los genotipos en estudio de *Salicornia bigelovii* germinaran adecuadamente conforme la salinidad incrementó (Allison *et al.*, 1980; Ungar, 2000).

Tasa de germinación de genotipos de *Salicornia bigelovii* (Bahía de Kino= BK= y SOS-7) con la inoculación de bacterias (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) y *Klebsiella pneumoniae* (Kp)) a 0.5 M de NaCl y $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

El comportamiento de los diferentes tratamientos en la tasa de germinación a una salinidad de 0.5 M de NaCl, el genotipo KB inoculado con Kp, se comportó significativamente superior en comparación del mismo genotipo inoculado con Ah y de SOS-7 con ambos inoculantes, ya que el décimo día alcanzó su máximo porcentaje (79.2%). Sin embargo, es importante indicar que el máximo porcentaje de germinación fue alcanzado por SOS-7 inoculado con Kp (91.3%) a los 15 días después de la siembra. Por su parte los genotipos (BK y SOS-7) no inoculados, en su tasa de germinación mostraron una dinámica no favorecida, dando inicio el proceso de germinación en el sexto día.

Con relación a la tasa de germinación a una salinidad de 0.5 M de CaSO_4 , el comportamiento fue similar al 0.5 M de NaCl; es decir, el genotipo BK inoculado con Kp, mostró una germinación inicial al cuarto día y terminando en el décimo segundo día con 69.1%. Por su parte BK inoculado con Ah, inició la germinación en el quinto día, totalizando un 68.3% sin diferencia significativa con BK+Kp. No obstante lo anterior, aún cuando SOS-7, en su tasa de germinación no se haya observado favorecido, al octavo día mostro una germinación final de 80.1 con Kp contra 79.3 inoculado con Ah, no habiendo mostrado diferencias estadísticas entre estos dos últimos tratamientos. Aquellos tratamientos no inoculados se mostraron dinámicamente no favorecidos en la tasa de germinación.

Tasa de germinación de genotipos de *Salicornia bigelovii* (Bahía de Kino= BK= y SOS-7) con la inoculación de bacterias (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) y *Klebsiella pneumoniae* (Kp)) a 1 M de NaCl y $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

Acorde a la tasa de germinación de ambos genotipos (Bahía de Kino =BK= y genotipo mejorado SOS-7), sujetos a una salinidad de 1 M de NaCl y CaSO_4 e inoculados con Ah y Kp, el genotipo silvestre SOS-7+Kp, se comportó superior

on the fourth day and ending at the twelfth day to 69.1%. For its part inoculated BK with Ah, she started sprouting on the fifth day, totaling 68.3% with no significant difference with BK + Kp. Notwithstanding the foregoing, even when SOS-7, in its germination rate has not been observed favored the eighth day showed a final germination of 80.1 by Kp against 79.3 inoculated with Ah, not having shown statistical differences between these two treatments. Those dynamically uninoculated treatments showed not favored in the germination rate.

Germination rate of genotypes of *Salicornia bigelovii* (Bahía Kino= BK= and SOS-7) with the inoculation of bacteria (*Azospirillum halopraeferens* (Ah) and *Klebsiella pneumoniae* (Kp) to 1 M of NaCl and $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

According to the germination rate of both genotypes (Bahía de Kino= BK= and improved genotype SOS-7), subject to a salinity of 1 M of NaCl and CaSO_4 and inoculated with Ah and Kp, wild genotype SOS-7+Kp, behaved higher germination rate with 57.2% of germinated seeds 12 days after sowing in the NaCl solution compared the remaining genotypes. The SOS-7+Ah, genotype showed maximum germination percentage in the 13 days to 1 M of NaCl. Moreover, this same salinity (1 M of NaCl), treatments with genotype BK, inoculated with Kp and Ah, initiated germination on the ninth day and finalizing on the fourteenth day with a 48.2 and 45.3%, respectively. The uninoculated treatments showed dynamically lower compared to those inoculated. With regard to the dynamics of germination 1M solution $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, it was similar to those treatments to 1 M of NaCl, but with significant results in the final percentage of germination behavior. In salinities applied to the genotypes of *Salicornia bigelovii* clearly seen where bacteria promoted seed germination. According to Lira (2003), it indicates that hormones, specifically gibberellins and auxins in germination are synthesized in seeds; coupled with the production of the same by bacteria, the effect on the rate and % of germination is intrinsically expressed as the rate of cell division increases (mitosis) (Fallik *et al.*, 2000).

Seedling height and root length of *Salicornia bigelovii* genotypes (Kino Bay= BK= and SOS-7), inoculated with bacteria *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens* 0.5 and 1 M of NaCl and $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

The height of the genotypes studied at a salinity of 0.5 M of NaCl, BK+Kp showed the highest values (38.2 mm) compared BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp with 32.3, 35.4 and 35.7 mm, respectively. A similar behavior was observed

en la tasa de germinación con un 57.2% de semillas germinadas a los 12 días después de la siembra, en la solución de NaCl en comparación de los restantes genotipos. El genotipo SOS-7+Ah, mostró su máximo porcentaje de germinación en el 13 día a 1 M de NaCl. Por otra parte, a esta misma salinidad (1 M NaCl), los tratamientos con el genotipo BK, inoculados con Kp y Ah, iniciaron su germinación en el noveno día y finiquitando en el décimo cuarto día con un 48.2 y 45.3%, respectivamente. Los tratamientos no inoculados se mostraron dinámicamente inferiores en comparación de aquellos inoculados. Con relación a la dinámica de germinación en la solución de 1 M de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, fue un comportamiento similar a aquellos tratamientos a 1 M de NaCl, pero con resultados significativos en el porcentaje final de germinación. En las salinidades aplicadas a los genotipos de *Salicornia bigelovii* se observa claramente donde las bacterias promovieron la germinación de las semillas. Acorde a Lira (2003), indica que las hormonas, específicamente las giberelinas y auxinas en la germinación son sintetizadas en las semillas; aunado a la producción de estas mismas por las bacterias, el efecto en la tasa y % de germinación es manifestado ya que intrínsecamente se incrementa la tasa de división celular (mitosis) (Fallik *et al.*, 2000).

Altura de plántula y longitud radicular de genotipos de *Salicornia bigelovii* (Bahía de Kino= BK= y SOS-7), inoculados con las bacterias *Klebsiella pneumoniae* y *Azospirillum halopraeferens* a 0.5 y 1 M de NaCl y $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

La altura de los genotipos estudiados a una salinidad de 0.5 M de NaCl, BK+Kp presentó los valores mayores (38.2 mm) en comparación de BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp con 32.3, 35.4 y 35.7 mm, respectivamente. Un comportamiento similar fue observado con la solución $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ al 0.5 M; no existieron diferencias significativas, sin embargo, los valores numéricos más altos fueron para el genotipo BK+Kp con 33.2 mm, en comparación de BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp con 29.3, 30.4 y 31.4, respectivamente. A esta concentración salina, no hubo diferencias significativas entre el tipo de sal; no obstante ello, se logró identificar que los genotipos en la solución de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ los valores numéricos son menores en comparación de NaCl. Los tratamientos no inoculados mostraron un 25% menor en la variable altura en condiciones de 0.5 M de ambas sales, en comparación de aquellos inoculados.

Por su parte, la misma variable altura, a una salinidad de 1 M de NaCl, el genotipo BK+Kp presentó los valores mayores (18.1 mm) en comparación de BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-

with $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ to the 0.5 M solution; there were no significant differences, however, the highest numerical values were genotyped for the BK+Kp with 33.2 mm compared BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp with 29.3, 30.4 and 31.4, respectively. To this salt concentration, there were no significant differences between the type of salt; But not this, was identified genotypes in solving $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ numerical values are lower compared NaCl. The uninoculated treatments showed 25% less in the variable height 0.5 M conditions both salts, compared to those inoculated.

Meanwhile, the same variable height, at a salinity of 1 M of NaCl, genotype BK+Kp showed the highest values (18.1 mm) compared BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp with 12.2, 15.3 and 15.4, respectively. A similar behavior was observed with $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ solution 1 M with no significant differences, however, higher values were genotyped for the BK+Kp with 13.1 mm compared BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp with 9.1, 10.4 and 11.4, respectively. Just as in the concentration of this salt concentration 0.5 M, there was no significant difference between the types of salt; but not this, was identified genotypes in solving $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, numerical values were lower compared NaCl. The uninoculated treatments were lower in height variable conditions 1 M both salts. With regard to root length, SOS-7+Ah (62.9 mm) genotype showed significant higher values compared to SOS-7+Kp and SOS-7 (44.12 and 41.09 mm respectively) at 0.5 M of NaCl, without significant differences between solutions (SOS-7+Ah (59.7 mm) revealed significant higher values compared to SOS-7+Kp and SOS-7 (39.11 and 38.02 mm, respectively). with regard to the concentration of 1 M of NaCl and $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ to 1 M, treatment with BK+Kp was the one that presented greater root length (35.8 mm) compared BK+Ah, SOS-7-Kp and SOS-7+Ah, with 15.1, 12.7 and 11.2 mm respectively. the uninoculated treatments showed similar numerically to SOS-7+Ah treatment 11.01 and 11.00 mm (BK and SOS-7, respectively). the previously mentioned values generated significant results with $p < 0.05$ between salt concentrations (0.5 with 1 M).

According to the results, genotypes as SOS BK-7 and the Ah and Kp bacteria can clearly see the effect on height growth and root length were taken into the salt concentrations. These findings by the effect of bacteria correspond to that in other studies, which show that auxins, cytokinins and gibberellins produced by microorganisms, as well as inducing them in vegetative organs such as seeds, exhibit strong regulating properties growth and each with its particular structure and active at very low concentrations in the plant (Bashan *et al.*, 2000; Lira, 2003; Rueda *et al.*, 2004).

Kp con 12.2, 15.3 y 15.4, respectivamente. Un comportamiento similar fue observado con la solución $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ al 1M no existiendo diferencias significativas, sin embargo, los valores superiores fueron para el genotipo BK+Kp con 13.1 mm, en comparación de BK+Ah, SOS-7+Ah, SOS-7-Kp con 9.1, 10.4 y 11.4, respectivamente. De igual forma que en la concentración de 0.5M esta concentración salina, no hubo diferencias significativas entre el tipo de sal; no obstante ello, se logró identificar que los genotipos en la solución de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, los valores numéricos fueran menores en comparación de NaCl. Los tratamientos no inoculados fueron inferiores en la variable altura en condiciones de 1M de ambas sales. Con lo que respecta a longitud radicular, el genotipo SOS-7+Ah (62.9 mm) reveló valores superiores significativos en comparación de SOS-7+Kp y SOS-7 (44.12 y 41.09 mm, respectivamente) a 0.5 M de NaCl, sin diferencias significativa entre soluciones (SOS-7+Ah (59.7 mm) reveló valores superiores significativos en comparación de SOS-7+Kp y SOS-7 (39.11 y 38.02 mm, respectivamente). Con relación a la concentración de 1 M de NaCl y $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ al 1M, el tratamiento con BK+Kp fue el que presentó una mayor longitud radicular (35.8 mm) en comparación de BK+Ah, SOS-7-Kp y SOS-7+Ah, con 15.1, 12.7 y 11.2 mm, respectivamente. Los tratamientos no inoculados se mostraron similares numéricamente al tratamiento SOS-7+Ah con 11.01 y 11.00 mm (BK y SOS-7, respectivamente). Los valores previamente citados generaron resultados significativos con $p < 0.05$ entre concentraciones de sales (0.5 contra 1M).

Acorde a los resultados obtenidos, los genotipos como SOS-7 y BK con las bacterias Ah y Kp se ve claramente el efecto en el desarrollo en altura y longitud radicular que se tuvieron en las concentraciones salinas. Estas apreciaciones por efecto de las bacterias corresponden a lo dicho en otras investigaciones, donde indican que las auxinas, citocininas y giberelinas producidas por los microorganismos, así como la inducción de las mismas en órganos vegetativos como son las semillas, exhiben propiedades fuertes de regulación del crecimiento y cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta (Lira, 2003; Bashan *et al.*, 2000; Rueda *et al.*, 2004).

Peso fresco y seco de plántula de genotipos de *Salicornia bigelovii* (Bahía de Kino=BK= y SOS-7), inoculados con las bacterias (*Klebsiella pneumoniae* y *Azospirillum halopraeferens*) a 0.5 y 1 M de NaCl y $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

En las variables peso fresco, considerando los tratamientos con inoculantes a inoculantes a 0.5 M de NaCl, el genotipo que presentó los valores máximos fue el BK+Kp, con un

Cool and dry weight seedling genotypes of *Salicornia bigelovii* (Bahia Kino= BK= and SOS-7), inoculated with bacteria (*Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens*) at 0.5 and 1 M of NaCl and $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$.

In the variables fresh weight, considering the treatments with inoculants inoculants 0.5 M of NaCl, genotype presented the highest values was the BK+Kp, with an average of 0.0335 mg, followed in second order SOS-7+Kp with 0.0329 mg. Those inoculated with Ah, were numerically lower than those inoculated with Kb, without significant differences. Meanwhile treatments without inoculants 0.5 M of NaCl, genotype presented the highest values was the BK, with an average of 0.0242 mg, followed in second order SOS-7. The results show no significant differences between inoculated and uninoculated treatments. Relative to 0.5M of $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ solution, the results show no significant difference between the type of salt (NaCl against $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) to 0.5M. Low and values presented for those not inoculated (Bk and SOS-7 with 0.0191 and 0.0188 mg respectively).

Also, the concentration of 1 M of NaCl against $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, between treatments inoculated bacteria with Kp, similarly Bk continued to behave superior compared to the other genotypes (fresh weight= 0.0274 mg, dry weight= 0.0032 mg). Regarding Ah inoculation, the levels obtained were fresh weight for SOS-7 genotype, while for higher dry weight was again Bk.

Conclusion

Salicornia bigelovii a halophyte that develops off the coast of Baja California Sur and Sonora in sight for the immediate future as an option to contribute to the agricultural economy in states with salinity problems and a potential positive impact on regional development of the sector agricultural. Although states like San Luis Potosi not develop naturally this halophyte, soils rich in salts such as chlorides and sulfates and brackish waters above 6 g of dissolved solids, allow agriculture with halophytes agroindustrial importance, they can be implemented in the agricultural sector. The results obtained in this research contribute to expand knowledge on possible alternative agricultural production and effects on the application of biofertilizers in new plant materials with productive potential of socio-economic interest to states with problems of availability of good quality water, as is the state of San Luis Potosi. The results suggest the feasibility of that in the germination stage, the use of plant growth promoting bacteria,

media de 0.0335 mg, siguiéndole en segundo orden SOS-7+Kp con 0.0329 mg. Aquellos inoculados con Ah, se mostraron numéricamente inferiores a los inoculados con Kb, sin haber diferencias significativas. Por su parte los tratamientos sin inoculantes a 0.5 M de NaCl, el genotipo que presentó los valores máximos fue el BK, con un media de 0.0242 mg, siguiéndole en segundo orden SOS-7. Los resultados no muestran diferencias significativas entre tratamientos inoculados y no inoculados. Con relación a la solución 0.5 M de $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, los resultados muestran nula la diferencia significativa entre tipo de sal (NaCl contra $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$) a 0.5M. Los valores bajos e presentaron para aquellos no inoculados (Bk y SOS-7 con 0.0191 y 0.0188 mg respectivamente).

Asimismo, en la concentración de 1 M de NaCl contra $\text{Ca}_2\text{SO}_4+2\text{H}_2\text{O}$, entre los tratamientos inoculados con la bacteria Kp, de igual forma Bk siguió comportándose superior en comparación de los restantes genotipos (peso fresco= 0.0274 mg y peso seco= 0.0032 mg). Con respecto a la inoculación con Ah, los niveles obtenidos en peso fresco fueron para el genotipo SOS-7, mientras que para peso seco nuevamente resultó superior Bk.

Conclusión

Salicornia bigelovii, una halófito que se desarrolla en las costas de Baja California Sur y Sonora se vislumbra para el futuro inmediato como una opción para contribuir en la economía agrícola en estados con problemas de salinidad y con un posible impacto positivo en el desarrollo regional del sector agrícola. Aunque en estados como San Luis Potosí no se desarrolle de forma natural esta halófito, los suelos ricos en sales como son los cloruros y sulfatos y sus aguas salobres por arriba de 6 g de sólidos disueltos, permiten que una agricultura con halófitas de importancia agroindustrial, puedan ser implementada en el sector agropecuario. Los resultados obtenidos en la presente investigación contribuyen a ampliar el conocimiento en las posibles alternativas de producción agrícola y efectos en la aplicación de biofertilizantes en nuevos materiales vegetativos con potencial productivo de interés socio-económico para estados con problemas de disponibilidad de agua de buena calidad, como es el estado de San Luis Potosí. Los resultados obtenidos sugieren la factibilidad de que en la etapa de germinación, el uso de bacterias promotoras

it contributes significantly to the germination of *Salicornia bigelovii* genotypes. Also, the type of salt and concentration thereof, affects the germination. However, it evaluated phenological stage is mitigated when the genotypes studied (Bahia de Kino and SOS-7) *Salicornia bigelovii*, are inoculated with *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens*. Notwithstanding the foregoing, as studies concerning possible bio-fertilizers, they are necessary in subsequent different phenological stages with both genotypes, who for this phenological stage, turned out to have expectations.

End of the English version



Literatura citada

- Allison, L.; Brown, J.; Hayward, H. y Richards, L. 1980. Suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México. 172 p.
- Bashan, Y. and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationship: environmental and physiological advances. Canadian J. Microbiol. 43(2):103-121.
- Bashan, Y.; Moreno, M. and Troyo, E. 2000. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. Biol. Fertility Soils. 32(4):265-272.
- Besnier, R. F. 1988. Semillas biología y tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. España. 175-179 pp.
- Camacho, F. 1994. Dormancia de semillas: causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. 13 p.
- Carrillo, A.; Puente, M. y Bashan. 1998. Aplicaciones biotecnológicas de ecología microbiana. Manual de laboratorio. Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, Colombia-Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste La Paz, Baja California Sur, México. 51 p.
- Fallik, E.; Saring, S. and Okon, Y. 2000. *Azospirillum*/plant associations. Ed. CRC Press. Florida, USA. 57-58 pp.
- INEGI. 2013. Población rural y rural ampliada en México 2005. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2000/pob_rural/rural_y_rural_ampliada.pdf.
- Lira, R. 2003. Fisiología vegetal. Ed. Trillas. México. 237 p.
- Martínez, B. 1996. Producción agraria ecológica. Rev. Des. Rural y Coop. Agrario. 1:67-72.
- Meza, B.; de-Bashan, L. E. and Bashan, Y. 2015. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in *Chlorella vulgaris*. Res. Microbiol. 166(2):72-83.
- Rennie, R. 1981. A single medium for the isolation of acetylene reducing dinitrogen-fixing bacteria from soil. Canadian J. Microbiol. 27(1):8-14.
- Rueda, E.; Castellanos, T.; Troyo, E. and Díaz, Á. 2004. Effect of *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens* on the growth and development of two *Salicornia bigelovii* genotypes. Australian J. Exp. Agric. 44(1):65-74.

del crecimiento vegetal, favorece significativamente la germinación de genotipos de *Salicornia bigelovii*. Asimismo, el tipo de sal y concentración de las mismas, afecta la germinación. Sin embargo, ésta etapa fenológica evaluada es mitigada cuando los genotipos en estudio (Bahía de Kino y SOS-7) de *Salicornia bigelovii*, son inoculados con *Klebsiella pneumoniae* y *Azospirillum halopraeferens*. No obstante lo anterior, estudios concernientes como posibles biofertilizantes, son necesarios en las subsecuentes diferentes etapas fenológicas con ambos genotipos, quienes para esta etapa fenológica, resultaron tener expectativas.

- Rueda, E.; Castellanos, T.; Troyo, E.; Díaz, L. and Murrillo, A. 2003. Effects of nitrogen-fixing indigenous bacterium (*Klebsiella pneumoniae*) on the growth and development of the halophyte *Salicornia bigelovii* as a new crop for saline environments. *J. Agron. Crop Sci.* 189(5):323-332.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT user's guide. Version 6.12 SAS. Cary, NC, USA. 220 p.
- SEMARNAT. 1999. Programa de manejo del área de protección de flora y fauna. Editado por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 499 p.
- Sokal, R. and Rohlf J. 1988. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Ed. Freeman & Co. Tercera edición. San Francisco, CA, USA. 915 p.
- Ungar, I. 2000. Ecophysiology of vascular halophytes. Department of botany, University Athens. Ed. CRC Press. Ohio, USA. 209 p.