

UNIVERSIDAD DE SONORA

**DIVISIÓN DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS,
CONTABLES Y AGROPECUARIAS**



**Biorrecuperación de suelos salinos usando *Salicornia
bigelovii* Torr. en invernadero.**

TESIS

Reg 72 (1)

Registro tesis alterno 26

Irasema Moreno Curiel

Santa Ana, Sonora

Octubre de 2001

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Biorrecuperación de suelos salinos usando *Salicornia bigelovii* Torr. en invernadero.

TESIS

**Sometida a la consideración del Departamento
de Administración Agropecuaria**

de la

**División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias
de la Universidad de Sonora.**

Por

Irasema Moreno Curiel

Como requisito parcial para obtener el título

de

Licenciado en Agronegocios Internacionales.

Santa Ana, Sonora.


Octubre de 2001.

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL,
APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

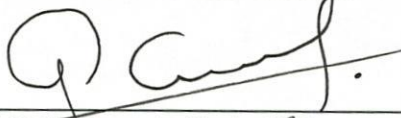
LICENCIADO EN AGRONEGOCIOS INTERNACIONALES

COMITÉ TUTORIAL:


DIRECTOR: _____


Dr. Félix Ayala Chairez (F).
M.A. Salomón Moreno Medina.

ASESOR: _____


M.C. Luis Ernesto Gerlach Barrera.

ASESOR: _____


M.A. Francisco G. Denogean Ballesteros.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, Campus Santa Ana por darme la oportunidad de realizar mis estudios y poder superarme.

Al Dr. Félix Ayala Chairez por el gran apoyo y las facilidades que me otorgó para que pudiera realizarse el presente trabajo.

Al M.A. Salomón Moreno, al M.A. Francisco Denogean y al M.C. Luis Ernesto Gerlach por su disposición y atenciones brindadas para la realización de este trabajo.

A los técnicos Héctor Armando Gerlach y Sergio Fraijo por su valiosa ayuda.

A la fundación Telmex por el apoyo brindado y a todos los miembros de la Academia de Ciencias Agropecuarias del Campus Santa Ana, que de alguna u otra forma hicieron posible este trabajo.

IN MEMORIAM

Dedico el presente trabajo a mi mejor maestro, el Dr. Félix Ayala Chairez, quien fue mi consejero y amigo y siempre estará en mi memoria y en mi corazón por brindarme su sincera amistad y ayuda desinteresada, asimismo, por todos los consejos que me dio para alentarme a superarme cada día, y por darme la confianza y oportunidad de realizar la presente investigación en Salicornia, planta que él investigaba.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme realizar una de mis metas más importantes.

A mis padres Armida y Héctor, a quienes debo mi vida, por su gran apoyo y consejos que he recibido para llegar a ser una persona de bien.

A mis hermanos; Francisca, Teresa, Manuel, Cecilia, Norma, Silvia, Laura, Jesús, y Enrique por sus consejos y apoyo, a sus hijos como muestra de superación.

A Carlos Ricardo por su apoyo, paciencia y comprensión para la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Concepto de suelo.....	3
Suelos salinos.....	3
Recuperación de suelos salinos.....	4
Métodos Físicos.....	5
Métodos químicos.....	5
Método hidrotécnico.....	5
Métodos biológicos.....	5
Una alternativa de biorrecuperación de suelo.....	6
Biorremediación.....	6
Mejoramiento de suelos salinos mediante halófitas.....	7
<i>Salicornia bigelovii</i> una opción de biorremediación de suelos salinos....	8
MATERIAL Y MÉTODOS	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
APÉNDICE	24

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ecotipos de <i>Salicornia</i> y densidades sembradas.....	11
Cuadro 2. Altura de tres ecotipos de <i>Salicornia</i> de tres experimentos.....	12
Cuadro 3. Número de nudos de tres ecotipos de <i>Salicornia</i> de tres experimentos.....	13
Cuadro 4. Número de ramas laterales de tres ecotipos de <i>Salicornia</i> de tres experimentos.....	14
Cuadro 5. Primer experimento suelo sembrado a 4600 ppm Na.....	15
Cuadro 6. Segundo experimento suelo sembrado a 8750 ppm Na.....	16
Cuadro 7. Tercer experimento suelo sembrado a 15625 ppm Na.....	17
Cuadro 8. Na, K, Ca en planta del primer experimento.....	18
Cuadro 9. Na, K, Ca en planta del segundo experimento.....	19
Cuadro 10. Na, K, Ca en planta del tercer experimento.....	20

RESUMEN

Conocer nuevas alternativas naturales de recuperación de suelos salinos, es necesario para los productores que durante los últimos años, han tenido serios problemas en la producción agrícola, debido a la excesiva acumulación de sales, suelos de producción agrícola principalmente de zonas áridas se han convertido en suelos salinos. Sin embargo, recientemente las plantas halófitas han recibido cierta atención. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la cantidad de sales removidas en suelos salinos sembrados con *Salicornia bigelovii* Torr. y medir el crecimiento y desarrollo de esta planta en suelos salinos bajo condiciones de invernadero. Para llevar a cabo el presente trabajo, se realizaron tres experimentos a tres niveles de salinidad, bajo condiciones de invernadero en el Campus Santa Ana de la Universidad de Sonora, iniciándose en la Primavera de 2000, y finalizándose en Abril de 2001. Se utilizó un diseño completamente al azar con nueve tratamientos compuestos por dos factores: dos ecotipos Cerro Prieto, Punta Banda y una variedad comercial, y las densidades de 12.5, 25 y 50 kg/Ha., en arreglo combinatorio. Se realizó la siembra en recipientes de plástico con capacidad de 1.9 kg, en las cuales se depositó el suelo colectado en una parcela de Santa Ana, Sonora. Se hicieron análisis de Na, K, Ca, pH, y conductividad eléctrica en suelo antes de la siembra y después de la cosecha, en planta se analizaron Na, K, Ca después de la cosecha, y durante el desarrollo de la planta se analizaron altura, número de nudos y número de ramas laterales, los resultados se analizaron en el paquete estadístico Costat. En las variables altura y número de nudos en la planta no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ecotipos en los dos primeros experimentos, y en el tercer experimento fue mejor ($P > 0.05$) el ecotipo S.O.S₁₀ en la variable altura, en la variable número de ramas laterales en el primer experimento

no hubo diferencia significativa ($P>0.05$), en el segundo el ecotipo Cerro Prieto fue mejor ($P>0.05$) al ecotipo S.O.S₁₀, y en el tercer experimento, el ecotipo S.O.S₁₀ fue mejor ($P>0.05$) al ecotipo Cerro Prieto. En los resultados obtenidos en las variables analizadas en suelo, se mostró una diferencia significativa ($P<0.05$) en la variable conductividad eléctrica, siendo mejor el ecotipo Cerro Prieto, en el segundo experimento los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda mostraron diferencia significativa ($P<0.05$) en todas las variables analizadas, en el tercer experimento se encontró diferencia significativa ($P<0.05$) entre los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀, siendo mejor el ecotipo Punta Banda en las variables Na, Ca, pH, y conductividad eléctrica, excepto en la variable K, la cual mostró mejor comportamiento que el ecotipo S.O.S₁₀. Los resultados obtenidos para las variables Na, K, Ca, en las plantas del primer experimento, la variable Na, mostró diferencia significativa ($P<0.05$) entre los ecotipos Cerro Prieto y S.O.S₁₀, siendo mejor Cerro Prieto, en la variable K, hubo diferencia entre ecotipos ($P<0.05$), siendo mejor el ecotipo Punta Banda, en el segundo experimento en la variable Na, hubo diferencia significativa ($P<0.05$) entre ecotipos, siendo mejor el ecotipo S.O.S₁₀, en la variable K y Ca, los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀ fueron similares ($P>0.05$) y diferentes ($P<0.05$) al ecotipo Cerro Prieto, en el tercer experimento el ecotipo S.O.S₁₀ fue mejor ($P<0.05$) a los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda en Na, y en Ca fue diferente ($P<0.05$) al ecotipo Punta Banda, y en lo que respecta a K, no hubo diferencia ($P>0.05$) entre ecotipos. En base a los resultados obtenidos se concluye que *Salicornia bigelovii* Torr. disminuyó entre 30 y 50 por ciento de sales en suelos salinos en los tres niveles de salinidad tratados, así como también se disminuyó la conductividad eléctrica en el suelo y se obtuvo un buen crecimiento y desarrollo de las plantas de *Salicornia bigelovii* Torr.

INTRODUCCIÓN

La degradación de suelos de zonas áridas y semiáridas son el resultado del impacto humano adverso, siendo el principal problema ambiental de los suelos áridos que ocupan más del 40 por ciento del área total del globo terrestre. Este fenómeno amenaza aproximadamente a 3600 millones de hectáreas y actualmente afecta el sostenimiento de 900 millones de personas. Hoy en día en el mundo se están perdiendo alrededor de 1.5 millones de hectáreas al año, del total de tierras irrigadas, 240 millones de hectáreas se han perdido principalmente debido a la salinización de suelos en zonas áridas. Los suelos afectados por sales están distribuidos por todas las regiones áridas y semiáridas, como son: China con 7 millones de hectáreas, la India con 20 millones, Pakistán con 3.2 millones, Estados Unidos con 5.2 millones, México y Centro América con 1.9 millones, así como el Cercano Oriente, parte Sur de Europa y otros lugares (Squires y Ayoub, 1992).

Durante los últimos años, los productores han tenido serios problemas en la producción agrícola, debido a la excesiva acumulación de sales en el suelo como resultado de lluvias escasas y alta evaporación, deficientes prácticas de riego y la utilización de agua de baja calidad en el mismo, convirtiéndose sus tierras de producción en suelos salinos principalmente en zonas áridas. Sin embargo, recientemente las plantas halófitas han recibido cierta atención, ya que al servir de forraje han demostrado su contribución a la producción ganadera, particularmente en tierras áridas, como también en la recuperación de suelos degradados por altas concentraciones de sal.

La planta *Salicornia bigelovii* Torr. es una planta halófito anual (Scott, 1977), que se distribuye exclusivamente en esteros costeros de América del Norte y América Central, a lo

largo del Pacífico, se encuentra al norte desde Puerto Concepción, en el Sur de California en Estados Unidos, al sur continúa su distribución en ambos lados de la península de Baja California y en la Costa del Pacífico mexicano hasta el Puerto de Mazatlán, Sinaloa. También se encuentra en el golfo de México al sur desde la península de Yucatán hasta el norte de Texas y este de Florida. Además, se encuentra en varias islas del Caribe, incluyendo las Bahamas, Jamaica y Puerto Rico (Weeks, 1986).

Un papel alternativo de las halófitas es la rehabilitación de tierras degradadas por efecto de las sales, lo cual es importante ya que en la actualidad los productores enfrentan serios problemas de sales en sus tierras agrícolas, siendo las halófitas especies de plantas que crecen en un hábitat natural salino; ofrecen un gran beneficio en la productividad de tierras áridas y semiáridas; han demostrado su contribución a la producción agrícola particularmente en tierras áridas de condiciones adversas, por lo que los suelos salinos pueden ser sembrados con *Salicornia* por ser una planta halófita tolerante a sales, capaz de crecer y desarrollar a altos niveles de salinidad e inclusive a una salinidad equivalente al agua de mar (Ayala, 1994). Por consiguiente, podría remover sales del suelo para su crecimiento y desarrollo hasta disminuir la cantidad de sales en el mismo, de tal forma que queden libres de sales y aptos para la producción de otros cultivos. Obteniéndose varias ventajas; además de la recuperación del suelo, se obtendría la producción del cultivo y de semilla la cual produce un aceite de alta calidad comestible similar al producido por girasol y soya (Glenn *et al.*, 1991).

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la cantidad de sales removidas en suelos salinos sembrados con *Salicornia bigelovii* Torr. y medir el crecimiento y desarrollo de *Salicornia bigelovii* Torr. en suelos salinos bajo condiciones de invernadero.

REVISIÓN DE LITERATURA

Concepto de suelo.

La palabra suelo se deriva del latín *solum* que significa piso o superficie de la tierra. En general, el término suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra y de la luna, distinguiéndola de la roca sólida. El agricultor, desde luego, tiene un concepto más práctico del suelo y lo considera como el medio en que crecen los cultivos (Foth, 1986).

El suelo se puede definir como un cuerpo natural que soporta la vida de las plantas, el cual varía en grados de eficiencia, dependiendo de su potencial de producción y el estado de nutrientes (Tisdale *et al.*, 1993).

Básicamente, las plantas que crecen en la tierra dependen del suelo para obtener agua y elementos nutritivos. Además, el suelo debe proporcionar un ambiente en el cual puedan funcionar sus raíces, por lo que se requieren espacios porosos para que se extiendan. Debe haber oxígeno disponible para la respiración de las raíces y el bióxido de carbono que se produce debe difundirse en vez de acumularse en el suelo. También es esencial la ausencia de factores inhibidores, como una concentración tóxica de sales solubles (Foth, 1986).

Suelos salinos.

El término "salino" se aplica a suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15 (Allison *et al.*, 1980). Generalmente el pH es menor de 8.5 y contienen una relativa concentración elevada de sales solubles, principalmente en forma de cloruros, sulfatos y a veces nitratos. Pueden estar presentes cantidades pequeñas de bicarbonatos, pero por lo general no se encuentran carbonatos solubles. Con frecuencia, también hay presentes sales relativamente

insolubles, como sulfato de calcio, carbonatos de calcio y de magnesio. Los principales cationes presentes son calcio, magnesio y sodio pero el sodio con rareza constituye más de la mitad de los cationes solubles y no es absorbido en grado apreciable en la fracción coloidal del suelo (Allison *et al.*, 1980; Foth, 1986). A menudo, estos suelos pueden reconocerse por la presencia de costras blancas de sal; por la superficie húmeda, de aspecto aceitoso, desprovista de vegetación; por el crecimiento raquítrico de las plantas, con considerable variación en el tamaño y algunas veces, por estar quemados los extremos y los bordes de las hojas (Garman, 1999). Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido. En condiciones húmedas, las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas inferiores, hacia el agua subterránea y finalmente transportadas a los océanos. Por lo tanto, los suelos salinos no existen en las regiones húmedas, excepto cuando el suelo ha estado expuesto al agua del mar en los deltas de los ríos y otras tierras bajas cercanas al mar. En las regiones áridas las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos, esto ocurre no solamente porque hay menor precipitación para lavar y transportar las sales, sino también a consecuencia de la elevada evaporación característica del clima árido, que tiende a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial (Allison *et al.*, 1980).

Recuperación de suelos salinos.

De la Peña (s.f) menciona que para la recuperación de suelos con problemas de sales se utilizan diferentes métodos que son: físicos (labores culturales), mejoradores químicos, hidrotécnicos (mediante láminas de lavado o profundidad del drenaje) y mejoradores orgánicos (biológicos) que a continuación se describen:

Métodos Físicos. Consisten en una serie de labores culturales tendientes a mejorar las condiciones del suelo para lograr su más fácil recuperación como son; nivelación del terreno, utilización de implementos de labranza profundos para romper costras duras de CaCO_3 y así contar con una permeabilidad más uniforme; modificar los espesores de arcilla internos con arados a fin de romper los estratos arcillosos o calcáreos que evitan el movimiento de las aguas con sales hacia abajo, mejorar la permeabilidad del suelo mediante rastreo y nivelación; los barbechos profundos son útiles en aquellos lugares donde se tienen estratos con diferente permeabilidad; los acarreos de arenas para mezclarse con el suelo pueden ser utilizadas para mejorar la textura arcillosa y por otra parte, donde existen costras de CaCO_3 o cal, se rompen con el barbecho y su mezcla tiende a proporcionar una fuente natural de calcio; si existe “Duripan” (acumulación de arcillas finas), los barbechos solamente son de efecto temporal, pues vuelven a compactarse.

Métodos Químicos. Cuando se requiere de mejoradores químicos, su aplicación más bien está relacionada con la presencia o ausencia de calcio en las aguas utilizadas para el lavado. En la mayor parte de los suelos el uso de mejoradores químicos tiene dos funciones fundamentales, la primera cuando se aplica en suelos que se han desarrollado en regiones áridas al sustituir el sodio por el calcio en el coloide arcilloso y la segunda al eliminar el sodio por el calcio que modifica las condiciones estructurales de suelo, haciéndolo más manejable y más permeable o en el caso de zonas húmedas donde el pH es bajo, el problema es la adición del calcio, para incrementar los valores del mismo.

Método Hidrotécnico. Consiste en bordeado con bordos a nivel trazados para uniformizar y al mismo tiempo para controlar la lámina de riego, éstos deberán tener una altura mínima de 30

cm, longitud no mayor de 250 m y aplicación de láminas parciales de aproximadamente 20 cm en forma secuenciada hasta bajar la conductividad eléctrica a niveles menores de 10 mmhos/cm en cualquier punto del terreno. Sin embargo, la efectividad en tiempo para lograrlo dependerá de la forma de aplicación y de la calidad del agua utilizada para el lavado con respecto a los contenidos y dominancia del calcio y magnesio sobre el sodio.

Métodos Biológicos. Consiste en la introducción de estiércoles, mejoradores orgánicos y el establecimiento de la vegetación tolerante a determinados niveles de salinidad. El efecto es mejorar la estructura o arreglo de las partículas de suelo para que las raíces se desarrollen y formen conductos que mejoren la penetración del agua, y al descomponerse dejen restos de material orgánico. Hacer una selección de cultivos semi-tolerantes para establecerse en la última fase del lavado, que germinan y se desarrollan en suelos cuyas conductividades eléctricas en el extracto de saturación alcanzan valores hasta de 20 mmhos/cm. La vegetación tiene efecto de sombra, con la que se reduce la evaporación y el movimiento de las sales hacia la superficie es menor.

Una alternativa de biorrecuperación de suelos.

Biorremediación. Las tecnologías actuales para remediación de suelos son muy caras, además de que crean riesgos en los trabajadores y producen pérdidas secundarias. Por lo tanto, es urgente desarrollar técnicas que puedan tratar y estabilizar contaminantes *in situ* de manera eficaz y a menos costo. En particular, se requiere de tecnologías que simultáneamente traten y remuevan residuos contaminantes (inorgánicos y orgánicos). La biorremediación consiste en utilizar procesos naturales y desarrollar técnicas para acelerar estos procesos de biorremediación de suelos contaminados. Las plantas juegan un mejor papel, logrando ser

mejores los procesos naturales (Kral y Viney, 1999).

Las tecnologías de remediación son basadas en aspectos biológicos y ecológicos; el uso de las plantas (fitoremediación) ha sido recomendada como un potencial económico, ofreciendo soluciones *in situ* con niveles de financiamiento relativamente bajos (Baker y Brooks, Chaney, Cunningham *et al.*, Ensley, Ranskin *et al.*, citados por Kral y Viney, 1999).

La Fitoremediación es una tecnología emergente para tratar suelos contaminados por agentes inorgánicos como los metales y agentes orgánicos, que pueden ser tratados por una serie de procesos; inmovilización, extracción, biodegradación y volatilización (Kral y Viney, 1999).

Mejoramiento de suelos salinos mediante halófitas.

Los suelos salinos pueden ser mejorados mediante la siembra de cultivos tolerantes a sales como lo son las halófitas que tienen un hábitat natural salino (Le Houérou citado por Squires, 1994). Halófitas significa (*halo* = sal, *phyte* = planta) y no son un solo grupo taxonómico, sino que son representadas por miles de especies de árboles, arbustos y zacates que tienen hojas suculentas y fusionadas al tallo, estas especies crecen en lugares salinos y desérticos (Squires, 1994).

Las halófitas son plantas que están altamente adaptadas para crecer en medios salinos y un número de especies tienen un máximo crecimiento en salinidades entre 100 y 300 mM (Flowers *et al.*, 1986).

Se ha determinado que la habilidad de las halófitas para crecer en altos niveles de sal está asociada con la regulación intercelular de concentraciones de iones, sin embargo hay poca información acerca de los mecanismos, principalmente para la tolerancia a sales (Ungar, 1991).

Uno de los factores que distingue a las halófitas de las glycófitas es su capacidad de acumular grandes cantidades de iones en sus células (Jefferies, 1981; Flowers *et al.*, 1986). El Na^+ y Cl^- son acumulados en las vacuolas de las hojas de las halófitas para proteger las reacciones metabólicas sensibles a sal en el citoplasma y para incrementar la osmolaridad de las células para prevenir el estrés osmótico y mantener el crecimiento (Flowers *et al.*, 1986). La acumulación de sodio en la vacuola es mediada por Na^+/H^+ que usa el pH generado por la bomba electrogénica H^+ -ATPasa en proporción con la acumulación de Na^+ con el flujo pasivo de H^+ (Garbarino, Blumwald, Staal *et al.*, Barklay, citados por Ayala, 1994).

Un incremento en Na^+/H^+ requiere un incremento proporcional de la actividad de la bomba H^+ ATPasa - Vacuolar. Por lo tanto el mecanismo de incremento en la acumulación de Na^+ y la tolerancia a sales en las halófitas está en función de la V-ATPasa (Ayala, 1994).

***Salicornia bigelovii* una opción de biorrecuperación de suelos salinos.**

☺☺☺ *Salicornia bigelovii* Torr. es una planta halófito que pertenece a la familia Chenopodiaceae (Scott, 1977). Es una planta anual, con hojas no aparentes fusionadas a los suculentos tallos verdes que en la parte terminal forman la espiga donde se encuentran las semillas (Wiggins citado por Ayala 1994). En regiones subtropicales pueden crecer hasta 50 cm de altura, con la mayoría de las espigas en el centro de la planta. Las semillas pesan 1 mg aproximadamente y pueden germinar directamente en agua de mar (Glenn *et al.*, 1991). *Salicornia* es una halófito costera que tiene su máximo crecimiento a salinidades entre 170 y 200 mM de NaCl (Webb, 1966; Weeks, 1986; Ayala y O'Leary, 1995) y es capaz de crecer y desarrollar bien aún a salinidad equivalente al agua de mar (540 mM de NaCl aproximadamente) (Ayala, 1994).

Salicornia bigelovii Torr. emergió como un cultivo potencial después de una selección de una gran cantidad de especies halófitas llevada a cabo por personal del Laboratorio de Investigaciones del Medio Ambiente (ERL, Environmental Research Laboratory) de la Universidad de Arizona. La mayor parte de los trabajos se realizaron en Puerto Peñasco y Bahía de Kino, en Sonora (Gleen *et al.*, 1991).

∞ Las costas del Pacífico de México son una buena alternativa para el cultivo de *Salicornia*. Presenta una gama de ecotipos con variación fenotípica y un clima adecuado para su desarrollo que se demuestra por su abundancia y distribución (Weeks, 1986). Algunos científicos mexicanos se han interesado en su estudio para desarrollarla como cultivo para las regiones costeras áridas y semiáridas (Troyo *et al.*, 1994). Otros investigadores se han enfocado a la ecología y distribución de la población (Ibarra y Poumian, 1992).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el presente trabajo, se realizaron una serie de experimentos bajo condiciones de invernadero en el campus Santa Ana de la Universidad de Sonora. Este trabajo se inició a partir de la Primavera de 2000, y finalizó en Abril de 2001.

Se utilizó un diseño completamente al azar con nueve tratamientos compuestos por el factor A: dos ecotipos y una variedad comercial y el factor B: tres densidades de siembra, en arreglo combinatorio y cinco repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecotipos de *salicornia* y densidades sembradas.

TRATAMIENTOS	DENSIDADES kg/ha.
Cerro Prieto	12.5
Cerro Prieto	25
Cerro Prieto	50
Punta Banda	12.5
Punta Banda	25
Punta Banda	50
S.O.S ₁₀	12.5
S.O.S ₁₀	25
S.O.S ₁₀	50

Se sembraron semillas de *Salicornia bigelovii* Torr. previamente colectadas durante 1997 y 1999, de los esteros Punta Banda, 20 Km al suroeste de Ensenada Baja California (31° 42' N, 116° 38' W), Cerro Prieto, 16 Km al noroeste de Puerto Peñasco, Sonora (31° 17' N, 113° 14' W), y semilla comercial S.O.S₁₀ que se siembra en Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Sonora.

La siembra de los ecotipos y de la variedad comercial se hizo en recipientes de plástico con drenaje, con un volumen de 1585 cm³, y capacidad de 1.9 kg de suelo.

Antes de la siembra se hizo prueba de germinación a las semillas de *Salicornia* de los ecotipos y de la variedad comercial. Se colectó suelo salino de una parcela agrícola localizada en la región de Santa Ana al cual se le realizó análisis de textura por medio del método del hidrómetro, pH (extracto de pasta saturada), cationes Na⁺, K⁺, Ca²⁺ (flamometría en extracto de pasta saturada) y conductividad eléctrica al suelo, antes de la siembra y al final del desarrollo de la planta. Se utilizaron suelos de tres diferentes salinidades (15625 ppm Na, 8750 ppm Na, y 4600 ppm Na), y se hizo un experimento por nivel de salinidad.

Para la siembra se obtuvo la densidad aparente del suelo y se calculó el peso del suelo a una profundidad de 15 cm, para obtener el peso del suelo por hectárea y ajustar las densidades de 12.5, 25 y 50 kg de semilla por hectárea a 1.5 kg de suelo, que fué colocado en cada recipiente.

Se hizo la siembra directa al suelo en cada uno de los recipientes, después se colocaron los 45 recipientes ya sembrados sobre una charola de lámina de 1.80 x 0.80 x 0.05 m. Los riegos se hicieron de tal manera que el agua se aplicó sobre la charola, para que el agua subiera mediante capilaridad.

Durante el desarrollo de la planta se hicieron mediciones de crecimiento y desarrollo cada semana; las cuales incluyeron altura, número de nudos y ramas laterales. Se hicieron análisis de los cationes antes mencionados (flamometría en extracto de pasta saturada) después de haber cosechado la planta. Los resultados que se obtuvieron fueron analizados estadísticamente en Costat Statistical Software (1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables altura, número de nudos y ramas laterales obtenidos cada semana se encuentran en el apéndice.

Los resultados promedio obtenidos para la variable altura de los tres experimentos se encuentran en el Cuadro 2; en el primer experimento el análisis de varianza no muestra diferencia significativa ($P>0.05$) sin embargo, el ecotipo S.O.S₁₀ tuvo mayor altura, en comparación con los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda.

En el segundo experimento tampoco se mostró diferencia significativa ($P>0.05$) sin embargo el ecotipo Cerro Prieto tiene mayor altura que los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀, siendo más bajo el ecotipo Punta Banda.

En el tercer experimento sí hay diferencia significativa ($P<0.05$) entre ecotipos, siendo mejor el ecotipo S.O.S₁₀, siguiendo el ecotipo Punta Banda y el más bajo fué el ecotipo Cerro Prieto.

Cuadro 2. Altura (cm) de tres ecotipos de *Salicornia bigelovii* Torr. de tres experimentos.

ECOTIPO	EXPERIMENTO	EXPERIMENTO	EXPERIMENTO
	No. 1	No. 2	No. 3
CERRO PRIETO	9.46 ^a	21.26 ^a	13.96 ^b
PUNTA BANDA	9.74 ^a	16.01 ^a	14.72 ^{ab}
S.O.S ₁₀	13.04 ^a	16.66 ^a	19.09 ^a

ab/ Las medias de las columnas con diferente literal, difieren significativamente ($P<0.05$).

Los resultados obtenidos en los tres experimentos para la variable número de nudos se encuentran en el Cuadro 3; respecto a ésta variable se encontró que no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) para cada uno de los ecotipos en las diferentes semanas sin embargo, en

el primer y tercer experimento el ecotipo S.O.S₁₀ muestra mayor número de nudos y en el segundo experimento lo muestra el ecotipo Punta Banda.

Cuadro 3. Número de nudos de tres ecotipos de *Salicornia bigelovii* Torr. de tres experimentos.

ECOTIPO	EXPERIMENTO No. 1	EXPERIMENTO No. 2	EXPERIMENTO No. 3
CERRO PRIETO	5.84 ^a	11.22 ^a	8.21 ^a
PUNTA BANDA	7.23 ^a	11.44 ^a	10.07 ^a
S.O.S ₁₀	7.34 ^a	9.55 ^a	10.47 ^a

a/ Las medias de las columnas con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

Los resultados promedio para la variable número de ramas laterales se encuentran en el Cuadro 4; en el primer experimento no se encontró diferencia significativa (P>0.05) entre tratamientos. En el segundo experimento sí se encontró diferencia significativa (P<0.05) entre los ecotipos Cerro Prieto y S.O.S₁₀, siendo mejor el ecotipo Cerro Prieto. En el tercer experimento el ecotipo S.O.S₁₀ muestra mayor número de ramas laterales, con una diferencia significativa (P<0.05) al ecotipo Cerro Prieto que obtuvo menor número de ramas laterales.

Los resultados obtenidos para las variables Na, K, Ca, pH y Conductividad eléctrica del primer experimento se muestran en el Cuadro 5; no se encontró diferencia significativa (P>0.05) en las variables Na, K, Ca, y pH entre ecotipos, encontrándose diferencia significativa (P<0.05) solamente en la variable conductividad eléctrica, siendo mejor el ecotipo Cerro Prieto a los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀.

Los resultados de las variables Na, K, Ca, pH y Conductividad eléctrica del segundo experimento se muestran en el Cuadro 6; no se encontró diferencia significativa (P>0.05) entre

los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda, encontrándose un comportamiento similar y mejor al ecotipo S.O.S₁₀, con una diferencia significativa ($P < 0.05$) en todas las variables mencionadas.

Cuadro 4. Número de ramas laterales de tres ecotipos de *Salicornia bigelovii* Torr. de tres experimentos.

ECOTIPO	EXPERIMENTO	EXPERIMENTO	EXPERIMENTO
	No. 1	No. 2	No. 3
CERRO PRIETO	5.17 ^a	17.22 ^a	9.82 ^b
PUNTA BANDA	4.41 ^a	13.57 ^{ab}	13.16 ^{ab}
S.O.S ₁₀	6.19 ^a	11.27 ^b	14.55 ^a

ab/ Las medias de las columnas con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos para las variables Na, K, Ca, pH y Conductividad eléctrica del tercer experimento se muestran en el Cuadro 7; encontrándose diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀, siendo mejor el ecotipo Punta Banda en las variables Na, Ca, pH, y conductividad eléctrica, excepto en la variable K que manifiesta un comportamiento similar al ecotipo Cerro Prieto, que mostró un comportamiento mejor que el ecotipo S.O.S₁₀.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 8; para las variables Na, K y Ca, en planta del primer experimento en la variable Na muestran diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los ecotipos Cerro Prieto y S.O.S₁₀, siendo mejor el ecotipo Cerro Prieto, seguido por el ecotipo Punta Banda.

En la variable K, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tres ecotipos, siendo mejor el ecotipo Punta Banda, le sigue el S.O.S₁₀, siendo más bajo el ecotipo Cerro Prieto. En la variable Ca, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ecotipos.

Los resultados obtenidos para las variables Na, K, y Ca, del segundo experimento mostrados en el Cuadro 9; para la variable Na, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ecotipos, siendo el ecotipo S.O.S₁₀ mejor a los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda.

Para la variable K, los ecotipos Punta Banda y S.O.S₁₀ muestran un comportamiento similar ($P > 0.05$), pero son diferentes ($P < 0.05$) al ecotipo Cerro Prieto, siendo éste más bajo, al igual que en la variable Ca.

Cuadro 5. Primer experimento suelo sembrado a 4600 ppm Na, 200 ppm K, 1500 ppm Ca, pH 8.35 y conductividad eléctrica 17.5.

VARIABLE	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
Na ppm	2721 ^a	2419 ^a	2416 ^a
K ppm	60 ^a	59 ^a	66 ^a
Ca ppm	555 ^a	407 ^a	608 ^a
pH	8.22 ^a	8.27 ^a	8.34 ^a
Conductividad eléctrica	5.4 ^a	4.2 ^b	3.8 ^b

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos para las variables Na, K, y Ca, en plantas del tercer experimento se muestran en el Cuadro 10; encontrando en la variable Na una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los ecotipos, siendo mejor el ecotipo S.O.S₁₀ a los ecotipos Cerro Prieto y Punta Banda. En la variable K, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ecotipos aún cuando el ecotipo Punta Banda se muestra con valor más alto, en la variable Ca, hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el ecotipo S.O.S₁₀ y el ecotipo Punta Banda, siendo mejor el ecotipo S.O.S₁₀.

Cuadro 6. Segundo experimento suelo sembrado a 8750 ppm Na, 200 ppm K, 1350 ppm Ca, pH 8.39 y conductividad eléctrica 20.

VARIABLE	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S₁₀
Na ppm	4366 ^a	3705 ^a	6651 ^b
K ppm	58 ^a	53 ^a	113 ^b
Ca ppm	446 ^a	422 ^a	1103 ^b
pH	8.39 ^a	8.34 ^a	8.32 ^b
Conductividad eléctrica	10.4 ^a	10.8 ^a	12.8 ^b

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

Cuadro 7. Tercer experimento suelo sembrado a 15625 ppm Na, 300 ppm K, 1800 ppm Ca, pH 8.80 y conductividad eléctrica 22.5.

VARIABLE	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S₁₀
Na ppm	9343 ^{ab}	7788 ^a	11717 ^b
K ppm	150 ^{ab}	125 ^a	161 ^{ab}
Ca ppm	1385 ^{ab}	1125 ^a	1597 ^b
pH	8.68 ^{ab}	8.75 ^a	8.66 ^b
Conductividad eléctrica	17.3 ^{ab}	15 ^a	16.5 ^b

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

Cuadro 8. Cationes en planta de *Salicornia bigelovii* Torr. cosechada del primer experimento.

ECOTIPO	Na ppm	K ppm	Ca ppm
CERRO PRIETO	1233 ^a	62 ^c	142 ^a
PUNTA BANDA	1091 ^{ab}	357 ^a	179 ^a
S. O .S ₁₀	1012 ^b	160 ^b	194 ^a

ab/ Las medias de las columnas con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

Cuadro 9. Cationes en planta de *Salicornia bigelovii* Torr. cosechada del segundo experimento.

ECOTIPO	Na ppm	K ppm	Ca ppm
CERRO PRIETO	1420 ^c	75 ^b	179 ^b
PUNTA BANDA	1192 ^b	388 ^a	233 ^a
S. O .S ₁₀	1520 ^a	160 ^a	197 ^a

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

Cuadro 10. Cationes en planta de *Salicornia bigelovii* Torr. cosechada del tercer experimento.

ECOTIPO	Na ppm	K ppm	Ca ppm
CERRO PRIETO	1325 ^b	130 ^a	165 ^{ab}
PUNTA BANDA	1575 ^b	313 ^a	188 ^b
S. O .S ₁₀	1444 ^a	142 ^a	183 ^a

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

Salicornia bigelovii Torr. sí disminuye la cantidad de sales en suelos salinos en los tres niveles de salinidad tratados, ya que removi6 entre el 30 y 50 porciento de las sales que se encontraban en el suelo.

El crecimiento y desarrollo de las plantas de *Salicornia bigelovii* Torr. fue bueno en los tres experimentos, siendo muy similar al de su h6bitat natural.

La conductividad el6ctrica del suelo fue disminuida en los tres experimentos.

En base a los resultados obtenidos se recomienda que suelos salinos sean sembrados con *Salicornia bigelovii* Torr. a salinidades similares a las que fueron tratadas en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allison, L.E., J. W. Brown, H.E. Hayward y L.A. Richards. 1980. Suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México. p.3-5.
- Ayala, F. 1994. Physiology of salt tolerance in *Salicornia bigelovii* Torr. Ph.D. Dissertation, Universidad de Arizona, Tucson, 109 p.
- Ayala, F. y J.W. O'Leary. 1995. Growth and physiology of *Salicornia bigelovii* Torr. at suboptimal salinity. International Journal of Plant Science 156: 197-205.
- Costat Statistical Software. 1995. CoHort Software. Minneapolis Minesota. USA. 371 p.
- De la Peña, I. s.f. Salinidad de los Suelos Agrícolas. Su origen, clasificación, prevención y recuperación. SARH, Bol. Tec. No.10. p.104-110.
- Flowers, T.J., M.A Hajibagheri y N.J.W. Clipson. 1986. Halophytes. The Quarterly Review of Biology 61: 313-337.
- Foth, H. 1986. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Ed. C.E.C.S.A. México. p. 28, 224.
- Garman, W. H.1999. Manual de Fertilizantes. Ed. LIMUSA. México. p.36-38.
- Glenn, E. P., J.W. O'Leary, M.C. Watson, T.L. Thompson y R.D. Kuehl. 1991. *Salicornia bigelovii* Torr.: an oilseed halophyte for seawater irrigation. Science 251: 1065-1067.
- Ibarra, S. E y M. Poumian. 1992. The saltmarsh vegetation of Punta Banda Estuary, Baja California, México. pp 201-211 en U. Seeliger (ed), Coastal plant communities of Latin America. Academic Press, San Diego, CA.
- Jefferies, R.L. 1981. Osmotic adjustment and the response of halophytic plants to salinity. Bioscience 31: 42-46.
- Kral, D. y M. Viney. 1999. Bioremediation of contaminated soils. Ed. Madison, Wisconsin. USA Pp.457 y 458.
- Scott, A.J. 1977. Reinstatement and revision of Salicorniaceae J. Agardh (Caryophyllales). Bot. J. Linn. Soc. 75:357-374.
- Squires, V. 1994. Overview of problems and prospect for utilizing holophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands. Ed. Kluwer. Academic Publishers. Netherlands. p. 2-6.

- Squires, V. R. y A. T. Ayoub. 1992. Halophytes as a Resource for Livestock and for Rehabilitation of Degraded Lands. Ed. Kluwer. Academic Publishers. Netherlands. p 2-29.
- Tisdale, S. L., W.L. Nelson, J. D. Beaton y J.L. Haulin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, New York. Pp.109.
- Troyo-Diéguez, E., A. Ortega-Rubio, Y. Maya y J. L. León. 1994. The effect of environmental conditions on the growth and development of the oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* Torr. in arid Baja California Sur, México. J. of Arid Environments 28:207-211.
- Ungar, I. W. 1991. Ecophysiology of vascular halophytes. CRC Press, Boca Ratón, Florida.
- Webb, K. L. 1966. NaCl effects on growth and transpiration in *Salicornia bigelovii*, a salt-marsh halophyte. Plant Soil 24:261-268.
- Weeks, J. R. 1986. The growth and water relations of a coastal halophyte *Salicornia bigelovii*. Ph.D Dissertation, Universidad de Arizona, Tucson, 104 pp.

APÉNDICE

Cuadro 1. Altura (cm) del primer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 14 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	1.41 ± 0.16	2.02 ± 0.14	3.12 ± 0.24
2	2.18 ± 0.26	3.0 ± 0.20	4.83 ± 0.27
3	3.09 ± 0.34	3.85 ± 0.25	6.15 ± 0.34
4	4.48 ± 0.47	4.98 ± 0.35	7.81 ± 0.49
5	6.12 ± 0.53	6.69 ± 0.29	10.02 ± 0.39
6	8.04 ± 0.56	8.37 ± 0.37	12.08 ± 0.40
7	9.29 ± 0.59	9.85 ± 0.39	13.39 ± 0.42
8	10.52 ± 0.67	11.07 ± 0.45	15.00 ± 0.47
9	12.18 ± 0.74	12.30 ± 0.37	16.41 ± 0.51
10	12.78 ± 0.84	12.78 ± 0.37	17.07 ± 0.57
11	13.76 ± 0.86	14.18 ± 0.41	17.91 ± 0.60
12	14.94 ± 0.98	14.80 ± 0.37	18.92 ± 0.68
13	16.03 ± 1.05	15.59 ± 0.47	19.59 ± 0.72
14	17.68 ± 1.11	17.01 ± 0.55	20.30 ± 0.54

Cuadro 2. Número de nudos del primer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 14 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	1.04 ± 0.19	1.50 ± 0.16	2.26 ± 0.18
2	1.85 ± 0.23	2.66 ± 0.14	3.40 ± 0.15
3	2.91 ± 0.26	3.37 ± 0.20	4.36 ± 0.14
4	4.05 ± 0.33	4.34 ± 0.27	5.5 ± 0.17
5	4.84 ± 0.34	5.72 ± 0.21	6.56 ± 0.12
6	5.49 ± 0.35	6.95 ± 0.22	7.35 ± 0.13
7	6.07 ± 0.37	7.84 ± 0.20	7.92 ± 0.15
8	6.64 ± 0.35	8.28 ± 0.24	8.33 ± 0.21
9	6.99 ± 0.37	9.02 ± 0.23	8.72 ± 0.27
10	7.24 ± 0.51	9.44 ± 0.27	9.36 ± 0.23
11	7.75 ± 0.51	9.52 ± 0.51	8.96 ± 0.49
12	8.13 ± 0.54	9.92 ± 0.23	9.43 ± 0.29
13	8.78 ± 0.79	11.02 ± 0.58	10.14 ± 0.29
14	10.02 ± 0.80	11.63 ± 0.50	10.42 ± 0.24

Cuadro 3. Número de ramas laterales del primer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 14 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S₁₀
1	0.04 ± 0.02	0.0 ± 0.0	1.40 ± 0.12
2	0.14 ± 0.04	0.04 ± 0.02	0.74 ± 0.16
3	0.29 ± 0.10	0.16 ± 0.04	1.16 ± 0.22
4	0.95 ± 0.23	0.72 ± 0.18	2.42 ± 0.40
5	3.10 ± 0.42	2.16 ± 0.27	4.80 ± 0.45
6	4.25 ± 0.48	3.87 ± 0.37	6.36 ± 0.48
7	5.18 ± 0.47	4.63 ± 0.33	6.98 ± 0.54
8	6.23 ± 0.50	5.00 ± 0.33	7.45 ± 0.66
9	7.02 ± 0.53	5.55 ± 0.34	8.07 ± 0.66
10	7.72 ± 0.60	5.97 ± 0.43	9.15 ± 0.85
11	8.16 ± 0.64	6.64 ± 0.46	9.60 ± 0.97
12	9.48 ± 0.73	8.97 ± 0.68	9.92 ± 0.96
13	9.30 ± 0.83	8.11 ± 0.53	8.63 ± 0.97
14	10.52 ± 1.02	10.00 ± 0.85	10.02 ± 0.93

Cuadro 4. Altura (cm) del segundo experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 22 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S₁₀
1	1.83 ± 0.32	1.82 ± 0.06	2.32 ± 0.18
2	3.63 ± 0.60	2.65 ± 0.22	3.94 ± 0.33
3	5.28 ± 0.69	3.67 ± 0.35	5.46 ± 0.40
4	6.61 ± 1.18	5.06 ± 0.49	7.26 ± 0.53
5	8.80 ± 1.40	7.10 ± 0.67	9.43 ± 0.67
6	10.44 ± 1.67	8.47 ± 0.76	9.64 ± 1.02
7	12.54 ± 2.04	11.16 ± 0.81	12.20 ± 1.36
8	14.84 ± 3.51	12.02 ± 1.37	13.75 ± 1.16
9	17.28 ± 2.82	13.76 ± 1.56	15.62 ± 1.19
10	20.27 ± 3.36	16.37 ± 1.38	17.64 ± 1.22
11	21.80 ± 3.73	18.32 ± 1.54	18.44 ± 1.25
12	23.55 ± 4.10	23.55 ± 1.63	19.58 ± 1.22
13	29.35 ± 2.60	21.16 ± 1.91	21.05 ± 1.14
14	29.80 ± 2.90	22.14 ± 1.91	21.53 ± 1.06
15	30.35 ± 3.06	22.62 ± 2.12	22.20 ± 1.03
16	31.13 ± 3.26	22.85 ± 2.08	22.56 ± 1.05
17	31.50 ± 3.36	22.54 ± 1.80	22.14 ± 1.29
18	31.76 ± 3.40	23.41 ± 2.14	22.83 ± 1.08
19	34.06 ± 4.51	23.24 ± 1.96	24.55 ± 1.11
20	34.20 ± 3.34	23.14 ± 1.99	25.00 ± 1.11
21	33.51 ± 4.15	23.26 ± 1.95	23.34 ± 1.19
22	35.25 ± 3.41	23.98 ± 2.00	26.07 ± 1.23

Cuadro 5. Número de nudos del segundo experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 22 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S₁₀
1	1.91 ± 0.45	1.58 ± 0.15	2.13 ± 0.15
2	3.16 ± 0.47	2.38 ± 0.26	3.14 ± 0.23
3	4.41 ± 0.55	3.33 ± 0.42	4.03 ± 0.26
4	4.78 ± 0.72	4.68 ± 0.43	4.99 ± 0.22
5	5.71 ± 0.91	5.92 ± 0.47	5.72 ± 0.24
6	7.14 ± 1.12	7.43 ± 0.57	6.42 ± 0.54
7	7.50 ± 1.20	8.72 ± 0.53	6.97 ± 0.58
8	9.20 ± 2.11	9.56 ± 1.11	8.19 ± 0.54
9	9.92 ± 1.56	10.92 ± 1.27	9.10 ± 0.59
10	11.07 ± 1.76	12.25 ± 1.28	10.06 ± 0.57
11	11.00 ± 1.98	12.62 ± 1.08	9.85 ± 0.5
12	12.07 ± 2.22	15.27 ± 1.13	11.24 ± 0.55
13	14.08 ± 1.50	15.32 ± 1.30	11.53 ± 0.51
14	14.91 ± 1.24	15.48 ± 1.30	12.00 ± 0.50
15	14.91 ± 1.24	15.75 ± 1.15	12.13 ± 0.47
16	14.75 ± 1.03	16.34 ± 1.09	12.80 ± 0.48
17	14.50 ± 1.38	15.44 ± 0.94	12.11 ± 0.49
18	18.08 ± 3.62	16.12 ± 1.25	12.43 ± 0.46
19	15.91 ± 1.90	15.60 ± 1.05	13.38 ± 0.53
20	16.41 ± 1.54	15.23 ± 0.87	13.58 ± 0.50
21	16.16 ± 2.16	15.56 ± 1.10	13.80 ± 0.45
22	17.08 ± 1.79	16.27 ± 1.12	14.60 ± 0.50

Cuadro 6. Número de ramas laterales del segundo experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 22 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.01
2	1.08 ± 0.66	0.17 ± 0.08	4.61 ± 1.13
3	2.66 ± 1.14	0.57 ± 0.27	1.97 ± 0.42
4	4.00 ± 1.21	2.16 ± 0.46	3.57 ± 0.54
5	6.51 ± 1.44	4.17 ± 0.86	5.43 ± 0.66
6	8.64 ± 1.73	7.08 ± 1.31	6.92 ± 0.95
7	10.57 ± 2.06	9.65 ± 1.12	8.14 ± 1.06
8	13.00 ± 3.58	10.45 ± 1.88	9.99 ± 1.23
9	15.00 ± 2.81	12.06 ± 2.04	10.51 ± 1.16
10	17.78 ± 3.29	15.04 ± 2.15	12.10 ± 1.20
11	18.28 ± 3.78	16.87 ± 2.50	12.48 ± 1.22
12	19.21 ± 3.98	18.13 ± 2.49	12.88 ± 1.15
13	23.91 ± 3.31	19.66 ± 2.66	13.95 ± 0.91
14	23.75 ± 4.13	20.24 ± 2.66	13.99 ± 0.83
15	24.83 ± 4.27	20.95 ± 2.72	15.18 ± 0.77
16	25.16 ± 4.43	12.36 ± 2.70	15.55 ± 0.75
17	24.75 ± 4.26	20.51 ± 1.70	15.43 ± 0.82
18	30.66 ± 6.99	22.47 ± 2.76	15.46 ± 0.84
19	26.08 ± 4.41	21.45 ± 1.90	16.53 ± 0.90
20	27.41 ± 4.08	21.02 ± 1.88	17.24 ± 1.01
21	26.83 ± 4.70	21.10 ± 1.82	18.07 ± 1.00
22	28.75 ± 4.47	22.45 ± 1.69	18.00 ± 1.14

Cuadro 7. Altura (cm) del tercer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 23 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	1.59 ± 0.32	1.60 ± 0.59	3.36 ± 0.58
2	2.66 ± 0.68	3.10 ± 1.09	5.22 ± 0.78
3	2.70 ± 0.94	4.10 ± 1.09	6.31 ± 1.05
4	3.84 ± 1.18	6.25 ± 1.24	8.56 ± 1.27
5	4.27 ± 1.80	8.05 ± 2.63	10.31 ± 1.48
6	6.06 ± 1.52	9.85 ± 0.44	12.35 ± 1.55
7	7.94 ± 2.21	11.75 ± 0.24	15.15 ± 1.45
8	9.98 ± 2.63	12.90 ± 0.69	16.93 ± 1.58
9	11.18 ± 3.12	14.4 ± 1.39	18.86 ± 1.60
10	13.08 ± 3.45	15.90 ± 1.09	20.73 ± 1.74
11	13.52 ± 3.47	15.90 ± 18.10	22.04 ± 1.61
12	14.10 ± 3.54	17.30 ± 1.70	22.15 ± 1.74
13	14.54 ± 3.53	17.85 ± 1.45	23.80 ± 1.54
14	15.52 ± 3.50	16.75 ± 2.65	22.81 ± 1.85
15	15.94 ± 3.47	18.75 ± 1.65	23.25 ± 1.85
16	18.10 ± 3.24	18.35 ± 1.75	24.03 ± 1.93
17	19.16 ± 3.04	18.80 ± 1.70	24.58 ± 1.93
18	20.64 ± 3.29	18.95 ± 1.65	24.78 ± 2.03
19	21.90 ± 3.42	19.05 ± 1.34	25.14 ± 2.00
20	22.80 ± 3.61	18.80 ± 0.69	25.55 ± 2.04
21	24.12 ± 3.91	18.85 ± 0.64	26.16 ± 2.08
22	24.52 ± 3.83	21.50 ± 3.50	26.34 ± 1.99
23	32.98 ± 5.27	29.90 ± 3.10	31.80 ± 1.77

Cuadro 8. Número de nudos del tercer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 23 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	1.80 ± 0.38	1.50 ± 0.49	3.10 ± 0.43
2	1.96 ± 0.44	2.85 ± 0.85	3.81 ± 0.50
3	2.34 ± 0.60	4.85 ± 0.85	4.91 ± 0.67
4	2.78 ± 0.76	5.85 ± 0.85	5.73 ± 0.87
5	2.92 ± 0.84	6.85 ± 0.85	6.62 ± 0.86
6	5.44 ± 2.28	8.00 ± 0.00	7.76 ± 0.88
7	6.40 ± 2.49	8.65 ± 0.34	8.94 ± 0.89
8	6.10 ± 1.48	9.35 ± 0.64	9.30 ± 0.89
9	6.20 ± 1.71	10.15 ± 0.85	10.41 ± 0.93
10	7.46 ± 1.55	11.15 ± 0.85	11.00 ± 0.96
11	7.56 ± 1.54	10.85 ± 1.14	11.33 ± 1.00
12	7.90 ± 1.45	11.50 ± 0.49	11.61 ± 0.8
13	8.36 ± 1.43	11.15 ± 0.85	12.32 ± 0.82
14	8.90 ± 1.34	10.50 ± 0.49	11.76 ± 0.90
15	9.70 ± 1.47	11.65 ± 0.340	11.82 ± 1.01
16	10.06 ± 1.28	11.65 ± 0.34	12.06 ± 0.93
17	10.66 ± 1.20	11.65 ± 0.34	12.36 ± 0.95
18	12.06 ± 1.34	11.85 ± 0.14	12.63 ± 0.99
19	12.90 ± 1.45	12.00 ± 0.00	13.25 ± 0.99
20	12.70 ± 1.65	11.50 ± 0.49	13.06 ± 1.00
21	13.50 ± 1.56	12.50 ± 0.49	13.92 ± 1.14
22	13.56 ± 1.59	15.15 ± 1.85	14.03 ± 1.06
23	17.70 ± 2.42	20.65 ± 2.35	19.10 ± 1.08

Cuadro 9. Número de ramas laterales del tercer experimento de 3 ecotipos de *Salicornia bigelovii* durante 23 semanas.

SEMANA	CERRO PRIETO	PUNTA BANDA	S.O.S ₁₀
1	0.16 ± 0.16	0.00 ± 0.00	0.85 ± 0.45
2	0.51 ± 0.31	0.30 ± 0.29	1.92 ± 0.73
3	1.35 ± 0.58	1.50 ± 1.50	3.67 ± 0.94
4	2.04 ± 0.90	4.15 ± 3.15	5.72 ± 1.16
5	2.60 ± 1.06	6.65 ± 2.65	7.35 ± 1.43
6	6.02 ± 2.91	8.00 ± 4.00	9.34 ± 1.74
7	7.00 ± 3.64	10.15 ± 2.15	11.96 ± 1.67
8	6.90 ± 2.05	10.50 ± 1.50	12.96 ± 1.73
9	7.86 ± 2.38	12.85 ± 0.85	14.87 ± 1.77
10	8.96 ± 2.71	16.35 ± 0.64	16.16 ± 1.81
11	9.30 ± 2.82	16.15 ± 0.85	16.98 ± 1.98
12	9.70 ± 2.95	17.15 ± 0.85	17.55 ± 1.9
13	10.10 ± 3.24	18.15 ± 0.85	19.18 ± 1.85
14	11.10 ± 2.91	16.85 ± 2.15	17.96 ± 1.93
15	10.80 ± 2.93	17.15 ± 1.85	18.28 ± 2.17
16	12.86 ± 3.09	17.65 ± 1.34	18.71 ± 2.18
17	12.96 ± 3.23	17.15 ± 1.85	19.17 ± 2.12
18	15.06 ± 2.82	18.50 ± 1.50	19.72 ± 2.12
19	16.50 ± 3.52	18.35 ± 1.65	19.71 ± 2.35
20	16.06 ± 3.99	16.85 ± 2.15	19.63 ± 2.30
21	17.30 ± 4.03	17.50 ± 2.48	20.05 ± 2.23
22	17.76 ± 3.91	19.15 ± 1.85	20.52 ± 2.30
23	23.06 ± 5.02	21.85 ± 5.16	22.42 ± 2.66