

# ***Salicornia bigelovii* (TORR.): UN SISTEMA MODELO PARA INCORPORARSE COMO CULTIVO AGRÍCOLA EN ZONAS ÁRIDO-DESÉRTICAS**

*Salicornia bigelovii* (TORR.): A MODEL SYSTEM TO BE INCORPORATED AS AN AGRICULTURAL CROP IN ARID - DESERT ZONES

**Cruz Enrique Beltrán Burboa<sup>1</sup>, María Elena Arce<sup>2</sup>, Bianciotto Oscar<sup>2</sup>, Guadalupe Amanda López Ahumada<sup>3</sup>, Juan Manuel Vargas<sup>3</sup>, Luis Guillermo Hernández-Montiel<sup>4</sup>, Juan José Reyes-Pérez<sup>5-6</sup>, Alejandra Nieto-Garibay<sup>4</sup>, Francisco Higinio Ruiz-Espinoza<sup>7</sup>, Félix Ayala Alvarez<sup>9</sup>, Rodolfo Cisneros Almazán<sup>8</sup>, Francisco Javier Wong Corral<sup>3</sup>, Jesús Borboa Flores<sup>3</sup> y Edgar O. Rueda-Puente<sup>9\*</sup>**

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa), Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Colonia San Joachin. Guasave, Sinaloa.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de la Patagonia, Argentina.

<sup>3</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Hermosillo, Sonora, México

<sup>4</sup> Center of Biological Reserachers of Norwest, Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; C.P. 23096.

<sup>5</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná, Ecuador.

<sup>6</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador,

<sup>7</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México Universidad de Sonora, Departamento de Administración Agropecuaria, Santa Ana, Sonora.

<sup>8</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Departamento de Biotecnología. Álvaro Obregón 64, Centro Histórico, 78000 San Luis Potosí.

<sup>9</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Carretera a Bahía de Kino, km 20.5, Hermosillo, Sonora, México.

## **RESUMEN**

Se define como reconversión de cultivos al cambio de producto o actividad que representa mayor rentabilidad económica y viabilidad social para el productor agrícola, al mismo tiempo que da un mejor uso del suelo, mejora la fertilidad del mismo y rompe con el ciclo biológico de plagas y enfermedades. En las zonas árido-desérticas, donde se produce el 70% de los alimentos agrícolas a nivel mundial, entre los factores adversos de tipo abiótico, se destaca el de la salinidad, el cual se agudiza conforme pasa el tiempo, mermando la producción de los cultivos convencionales. En este tipo de ambientes árido-salinos, las especies vegetales nativas son halotolerantes tolerando salinidades que varían de 2 a 55 g/L de agua. Algunas especies presentan tener una importancia agroindustrial como lo es la halófito *Salicornia bigelovii*, la cual puede ser utilizada para forraje, alimento humano, productos cosmetológicos, producción de bio-combustibles, comprimidos a base de biomasa seca para la creación de escritorios, libreros, entre otros. La producción de *Salicornia*, demanda aguas salobres o agua de mar, la cual es un recurso que puede ser extraído de los litorales costeros o bien de tierras firmes continentales. El escalamiento de su producción depende de por tanto de la intensificación de nuestro conocimiento sobre diversos aspectos de su biología, fisiología, bioquímica e interacción con microorganismos benéficos que contribuyan a un mejor desarrollo y mejorada productividad de este recurso, sin alterar el medio ambiente.

**Palabras clave:** halófitas; agua de mar; salinidad.

## **ABSTRACT**

Crops reconversion is defined as the changing product or activity that represents greater economic profitability and social viability for agricultural producer, while giving a better land use, improve soil fertility and breaks the life cycle of pests and diseases. In dry-arid-desert, where is produced the 70% of agricultural food at level worldwide, among adverse factors abiotic, is present the salinity, which it worsens conventional crops as time passes, undermining the production. In this type of dry-saline environments, native plant species are halotolerant that supporting salinities ranging from 2 to 55 g/L water. Some species have an agroindustrial importance as is the halophyte *Salicornia bigelovii*, which can be used for fodder, human food, cosmetic products, biofuels production, creating desks or bookcases based in dry biomass, among others. *Salicornia* production demand brackish water or seawater, which is a resource that can be extracted from coastal or inland coastal mainland's. Scaling production therefore depends on the intensification of our knowledge about various aspects of their biology, physiology, biochemistry and interaction with beneficial microorganisms that contribute to improved productivity and better development of this resource, without altering the environment.

**Key words:** halophytes; seawater, salinity.

## **INTRODUCCIÓN**

Con la venida de la Revolución verde, se transformó el patrón de sistemas de producción agrícola y por ende la del sector pecuario. La modernidad de la revolución verde

\*Autor para correspondencia: Edgar O. Rueda-Puente  
Correo electrónico: [erueda04@santana.uson.mx](mailto:erueda04@santana.uson.mx)

**Recibido: 06 de julio de 2016**

**Aceptado: 01 de Agosto de 2017**

cambió el patrón de cultivos y una nueva generación de productores agropecuarios perdió contacto con las experiencias aprendidas durante cientos de años. Sin embargo, en la actualidad (pleno siglo XXI), el sector agrícola y pecuario a nivel internacional, obliga a retomar varias prácticas sostenibles para el bienestar de las futuras generaciones. A nivel mundial, la diversificación de los cultivos es un objetivo de la planeación, ya que existe la necesidad de intensificar los esfuerzos para incrementar el uso racional de los recursos naturales renovables a través de programas integrales. En este sentido, algunas áreas cuentan con una variedad de especies de plantas, de las cuáles algunas se desarrollan en desiertos y sistemas costeros, plantas que en el proceso de evolución para sobrevivir a un ambiente árido-salino han desarrollado propiedades únicas, muchas de las cuales son de interés económico importante y pueden ser aprovechadas en el corto plazo en la agroindustria.

En 1790, Tomás Jefferson expresó: "El más grande servicio que puede rendirse a cualquier país, es agregar una planta útil a su cultura". Para ello, la introducción de especies debe ensayarse en el mayor número de sitios posibles, el producto debe tener un valor económico y en su nuevo manejo debe producir mejor y con eficiencia. La Organización de Naciones Unidas, advierte que la transferencia de tecnología inapropiada causan más fallas que éxitos, aún cuando se requieren mayores insumos de alto costo a cambio de buscar favorablemente recursos locales sostenibles, que permitan producir una mayor biomasa competitivamente y transformarla en alimentos, asegurando que la región sea económica, ecológica, sociológica, etnológicamente sustentable.

Con base a lo anterior, y debido a que cerca del 50% del total de los suelos irrigados en el mundo están afectados por la salinización y/o alcalinización, se presenta una asociación con baja productividad de cultivos convencionales, por lo que es imprescindible orientar los esfuerzos de investigación para generar tecnologías agrícolas que innoven cultivos agroindustriales o bien desarrollar recursos vegetales endémicos que posean alto potencial de agro-industrialización, y que gracias a su capacidad de producción en suelos salinos o condiciones de sequía, nos permitan optimizar la productividad del campo mexicano.

En este sentido, las halófitas son plantas que se desarrollan en hábitats salinos, donde gracias a sus propiedades fisiológicas ya que pueden absorber y mantener grandes cantidades de sales mediante el proceso de regulación osmótica y almacenar sales en sus tejidos, o bien seleccionar a nivel radicular el paso de cierto tipo de iones como lo es NaCl (Bromham, 2015). Cortinhas *et al.* (2015), mencionan que las halófitas se conforman por una amplia gama de especies (alrededor de 3,000), abarcando desde zacates, arbustos y matorrales, hasta el sistema ecológico de los mangles. Sin embargo, entre los géneros que más destaca se encuentra *Salicornia* spp. (Bromham, 2015). Los estudios correspondientes a esta planta indican que es una halófito que pertenece a la familia Chenopodiaceae y que en estado adulto es altamente tolerante a la salinidad (English y Colmer,

2013). *Salicornia bigelovii* Torr., se ha propuesto como un sistema modelo para suelos con problemas de sales, donde la agricultura convencional no se puede desarrollar adecuadamente, por lo que es de interés estudiarla y desarrollarla como cultivo con perspectivas de explotación comercial.

En estados como los de Baja California y Sonora, *S. bigelovii* tiene una amplia distribución a lo largo de sus costas, presentándose mediante una gama de ecotipos con variación fenotípica y un clima adecuado para su desarrollo que se demuestra por su abundancia y distribución, por lo que es de interés estudiar cada uno de ellos y desarrollarla como cultivo con perspectivas de explotación comercial.

En los mencionados estados, la actividad agropecuaria cada vez se intensifica más y un número elevado de familias depende de su desarrollo, pero las prolongadas sequías características de la zona y la escasez de forrajes limita en gran medida la producción de ganado. Además, la calidad del agua de riego y de los suelos está disminuyendo por el fenómeno de salinización (Flowers y Colmer, 2008). En el norte del estado de Sonora, el municipio de Santa Ana, así como las áreas de agrícolas del Vizcaíno de Baja California Sur, se caracterizan por ser un lugar en el cual durante años se ha desarrollado la actividad agropecuaria, siendo ésta fundamental para el desarrollo económico regional. Sin embargo, la implementación de actividades agropecuarias en las mismas áreas, está conduciendo a un desequilibrio del balance natural de los ecosistemas.

Con base a lo anterior descrito, el presente trabajo consiste en una compilación de estudios relacionados con la importancia agroindustrial de *Salicornia* y su posible ingreso en la modificación de los esquemas de producción agrícola y nutricional del ganado, bajo condiciones agroecológicas del tipo árido y semiárido, presentes en estados como los de Sonora, Baja California y Baja California Sur, México.

### Antecedentes

La situación actual de la producción de alimentos en el ámbito mundial es causa de mucha preocupación. En los países de América Latina la población se incrementa a mayor velocidad que el mejoramiento de los sistemas de producción de alimentos (Agrupación orgánica de Chile, 2002). En el sector agropecuario las causas que originan este desequilibrio son diversas y de gran complejidad y una de ellas es que los terrenos considerados como de buena calidad, con suelos fértiles y agua de riego libre de sales ya han sido ocupados totalmente provocando que la actividad agropecuaria se expanda hacia zonas áridas y semiáridas como las del noroeste de México en las cuales se requiere del uso significativo de fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados, (Tient *et al.*, 1979; Levanony *et al.*, 1989) para la obtención de rendimientos económicamente atractivos. En el Estado de Sonora y Península de Baja California, la actividad agropecuaria cada vez se intensifica más y un número elevado de familias depende de su desarrollo, pero las prolongadas sequías características de la zona y la escasez de forrajes limita en gran medida la producción de ganado.

Además, la calidad del agua de riego y de los suelos esta disminuyendo por el fenómeno de salinización (Murillo *et al.*, 2000). Sin embargo, la implementación de actividades agropecuarias en áreas como las que comprende los citados estados, está conduciendo a un desequilibrio del balance natural de los ecosistemas.

En la actividad agrícola/ganadera en el noroeste de México, alrededor del 80% del total de la superficie corresponde a terreno de agostadero, la ganadería representa uno de los pilares más sólidos que sostiene su economía. Entre las limitantes principales, es la baja precipitación, cuyo promedio anual oscila alrededor de los 300 mm, por lo cual se les considera un estado árido o semiárido reflejándose en el bajo inventario y en los volúmenes de producción de las especies principalmente explotadas. Esta zona se caracteriza por ser un lugar en el cual durante años se ha desarrollado la actividad agropecuaria, siendo ésta fundamental para el desarrollo económico regional. Sobresaliendo la explotación de ganado bovino, siguiéndole en segundo plano el caprino de doble propósito (producción de leche y carne) (Flowers *et al.*, 2010).

La presente información, pretende concientizar y ampliar el conocimiento en los esquemas de producción agrícola y nutricional del ganado. En el primero como una alternativa de producción agrícola y en el segundo para reducir costos y aumentar rentabilidad en leche y carne, sustituyendo parcialmente la alfalfa por otras especies como *Salicornia bigelovii*, favoreciendo y consolidando el uso de especies de alto valor nutritivo y amplio rango adaptativo a las condiciones agroecológicas de zonas áridas y semiáridas, incluyendo su promoción en la siembra y conservación de materiales vegetativos alternativos con el fin de instrumentar un programa permanente de suplementación de forraje e integrar paquetes tecnológicos de cultivos alternativos para los ranchos sustentables que se encuentran operando en las diferentes entidades.

Acorde a Mota (1999), los problemas relacionados con la actividad ganadera en la zona noroeste de México son los siguientes: a) La mayor parte de los suelos tradicionalmente agrícolas del país, se encuentran gravemente deteriorados por el manejo agronómico-mecánico moderno. El uso excesivo de la maquinaria con fines de acondicionamiento para la siembra, ha ocasionado siembras adecuadas, pero una seria pérdida de fertilidad del suelo. Este acondicionamiento del suelo, lo hace perder sus propiedades de fertilidad natural, que lo convierten en un suelo infértil, en el cual los cultivos ya no son capaces de obtener los rendimientos esperados haciéndose necesario aplicar cada vez mayores cantidades de fertilizante sintético y mayor cantidad de agua porque el suelo pierde su capacidad de retención de la humedad y una gran cantidad de ésta por evaporación directa. De igual manera, las condiciones ecológicas que presentan las zonas áridas, se traducen en constantes períodos de sequía, a los cuales se les atribuye que se agrave la situación de las actividades agropecuarias, aunado a la falta de obras de captación, retención y conservación de agua, limitando

la rentabilidad y expectativas de desarrollo. El mal manejo a que han sido sometidas las áreas productoras ha propiciado el deterioro de sus recursos y a su vez ha mermado su productividad, provocándose con esto problemas de erosión e incapacitándolo a que este tenga una buena infiltración del agua de lluvia (Mota, 1999).

### ***Salicornia* spp: una especie vegetal alterna**

Los estudios correspondientes a *Salicornia* indican que es una halófito que pertenece a la familia Chenopodiaceae y que en estado adulto es altamente tolerante a la salinidad. El género *Salicornia*, está constituido por las especies *S. pacifica*; *S. Subterminalis*; *S. virginica*; *S. borealis*; *S. maritima*; *S. rubra* y *S. bigelovi* (Lutts y Lefe`vre, 2015).

### ***Salicornia bigelovii***

Estudios relacionados con su distribución indican que *S. bigelovii* comúnmente se desarrolla en las costas y hábitat salinos, marismas de Europa, África y Norte de América (Munns y Tester, 2008). Asimismo, indican que se le encuentra más allá de la marisma principal (zona intermareal inferior) de Europa, mientras que en América del Norte se encuentra distribuida en la zona superior de intermareas (Norman *et al.*, 2013) A nivel mundial se han detectado seis áreas donde las halófitas se desarrollan, las cuales se encuentran en India, Irak, Península de Arabia, Noreste de África, Australia, América Latina (Argentina, Chile y Perú), costas del Océano Pacífico de Estados Unidos y en la península de Baja California de la República Mexicana (Rozema y Flowers, 2008). En México, es común que se desarrolle a lo largo de las costas del Golfo de México, en hábitats sujetos a inundaciones periódicas debidas al ciclo de mareas (Agrupación orgánica de Chile, 2002). *Salicornia bigelovii* es una halófito anual cuyo ciclo de vida oscila de 10 a 12 meses. Está clasificada como una halófito facultativa, es decir puede llevar a cabo su ciclo de vida a diversas concentraciones de salinidad (Ayala y O'Leary, 1995).

Bagwell *et al.* (2001), reporta que una de las primeras etapas en los vegetales es la de germinación. Estudios relacionados con esta fase vegetativa, en condiciones de laboratorio reportan que el porcentaje de germinación de *Salicornia bigelovii* disminuye considerablemente a medida que aumenta la salinidad y que una concentración igual o mayor a 0.05 S/cm de cloruro de sodio inhibe la germinación. También se ha reportado que la temperatura en interacción con la salinidad influye en el índice o porcentaje de germinación; una germinación puede ser óptima (superiores a 80%), cuando se emplean temperaturas bajas y concentraciones moderadas de salinidad por NaCl (Rivers y Weber, 1971; Borboa *et al.*, 2005).

En *Salicornia bigelovii*, una vez germinada, la formación de plántula desarrollada (20 días después de la siembra), presenta ramas suculentas que brotan del tallo principal, carentes de hojas, articuladas y erectas. Noventa días después de la siembra, al nivel de los entrenudos se forman seis flores con sépalos verdes y suculentos, en dos grupos de tres flores, que producen un promedio de 2 a 3 semillas cada una (Saslis-

Lagoudakis *et al.*, 2015). El período de inicio de floración con respecto a las áreas costeras de Baja California Sur ocurre desde inicios de marzo hasta mayo, llegando a su madurez en los meses de octubre a diciembre (Glenn *et al.*, 1994).

### Prácticas culturales y usos Potenciales de *Salicornia bigelovii*

Mota (1999) menciona que en lo referente al manejo del cultivo, se han realizado un número de experimentos tendientes a mejorar el sistema tecnológico para la producción comercial de *S. bigelovii*. El cultivo se inicia con una preparación del suelo, posteriormente la siembra se efectúa a razón de 30 a 40 kilos de semilla por hectárea (utilizando líneas avanzadas) o de 50 a 60 kg/ha cuando es semilla silvestre; inmediatamente después de la siembra se inicia el riego con un sistema de riego presurizado utilizando agua potable o en bajos contenidos de sales. Posterior a la germinación, se incrementa paulatinamente la salinidad en el agua de riego (25 días después de la siembra).

Estudios relacionados con su producción utilizando agua de mar han permitido dar a conocer que con una salinidad del agua de mar hasta de 1.17 S/cm se obtienen las máximas producciones de biomasa y que por arriba de este valor hasta 1.67 S/cm la producción es nula. La práctica cultural de fertilización nitrogenada establecida consiste en iniciar este programa a los 30 días de la siembra y terminarlo 45 días antes de la cosecha. Este programa de fertilización se aplicó en Guerrero Negro, B.C.S. (México) en forma de aspersión utilizando un sistema de pivote central, totalizando una aplicación de 250 a 500 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (NH<sub>3</sub>, UREA) por ciclo, donde la dosis nutrimental óptima de N por planta es de 30-50 gL<sup>-1</sup>. Concentraciones por arriba de dicho valor son inapropiadas para incrementar los rendimientos (Rueda *et al.*, 2011). Se sugiere que el fertilizante esté aplicado en los índices de 50 kilogramos de NH<sub>3</sub> y de 50 kilogramos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea. La composición del fósforo no es crítica; sin embargo, la fuente del nitrógeno es muy importante y debe ser urea o amoníaco (como gas). Del final del primer mes al quinto mes, el NH<sub>3</sub> se debe aplicar cada 5 a 10 días al total de 200 a 300 kilogramos por hectárea.

Por otro lado, en estudios relacionados con microelementos (zinc, cobre, manganeso) utilizando agua de mar en la irrigación de esta planta, se ha encontrado que dichos micronutrientes presentes en el agua de mar son los requeridos para obtener un crecimiento adecuado de esta especie halófila. Las mejores fechas de siembra recomendadas en la península de Baja California para la producción de semilla son en los meses de enero a marzo y para verdura de septiembre a mayo, cuando se puede obtener una producción de biomasa (materia seca) hasta de 22,000 kg ha<sup>-1</sup> y de semilla de 1500 a 2000 kg ha<sup>-1</sup>, con una potencialidad de extraer 600 kg de aceite por ha<sup>-1</sup> (Mota, 1999).

El contenido proteico de la planta varía en un 35-45% de la materia seca. El contenido de cenizas es de un 30-45% del peso total de la materia seca. Sus semillas representan aproximadamente del 10 al 15% de su peso total, las

cuales contienen alrededor de 30% del total de proteínas; de fibra un 5-7%; cenizas 5-7% y aceites en un 26-33%, figurando el ácido linoleico de un 73-75%, oleico de un 12-13.3%, palmítico con un 7.7-8.7%; linolénico con un 2.4-2.7% y esteárico 1.6-2.4%. Por lo anterior, esta especie se distingue para el futuro inmediato como un importante soporte en la economía agrícola con un posible impacto positivo en el desarrollo regional de estados como Sonora, de Baja California Sur o de la península de Baja California principalmente en las zonas costeras. Las prácticas culturales y el uso de herbicidas y los pesticidas no son necesarias durante el crecimiento hasta la fecha, no obstante ello, es importante realizar recorridos en campo y estar muestreando la sanidad del cultivo. La irrigación dependerá del índice de infiltración del suelo, sin embargo la práctica indica irrigaciones diarias hasta 400 l/m<sup>2</sup> dependiendo de la temperatura y el tipo de suelo. La cosecha es realizada rociando el desecante (herbicidas) para promover la sequedad de las plantas y proceder al uso de maquinaria agrícola como son las cosechadoras convencionales similares a las que se usa con *Triticum* spp.

### Potencial social, ecológico y económico.

La producción de halófitas en zonas donde una agricultura convencional no es redituable, presenta ventajas con impactos socioeconómicas y ecológicas. Tal es el caso de *S. bigelovii* donde los estudios indican que presenta potencial agroindustrial, ecológico y social de alto impacto. Entre sus posibles usos figuran la producción de forrajes, aceites vegetales y alimentos para consumo humano, como base de ensaladas y harinas, así como en la industria cosmetológica y la construcción de material para construcción de casas-habitación a base de mezclas de fibra con adobe, beneficiando la economía en un alto impacto en el desarrollo regional (Slama *et al.*, 2015). Otros usos incluyen la recuperación de suelos degradados así como la recuperación de áreas abandonadas por la agricultura tradicional, principalmente en zonas costeras (Mota, 1999). Un importante derivado agroindustrial de *Salicornia* es la obtención de ácidos grasos con alto porcentaje del ácido insaturado linoleico (74%) (Song y Wang, 2015). Actualmente a nivel mundial, las zonas productoras de *Salicornia* tienen como objetivo la exportación a diversos países de Europa, como Francia, España, Holanda e Inglaterra; el propósito es para uso alimenticio y la extracción y producción de aceites. El escalamiento de su producción depende por tanto de la intensificación de nuestro conocimiento sobre diversos aspectos de su biología, fisiología, bioquímica e interacción con microorganismos benéficos que contribuyan a un mejor desarrollo y productividad de este recurso, sin alterar el medio ambiente; asimismo, pueden contribuir a balancear el ciclo del CO<sub>2</sub> de la tierra teniendo un impacto positivo en el "efecto de invernadero" (Rueda *et al.*, 2011).

### CONCLUSIONES

En las zonas árido-desérticas, donde se produce el 70% de los alimentos agrícolas a nivel mundial, entre los factores adversos de tipo abiótico, se destaca el de la salinidad,

el cual se agudiza conforme pasa el tiempo, mermando la producción de los cultivos convencionales. En este tipo de ambientes árido-salinos, las especies vegetales nativas son halotolerantes tolerando salinidades que varían de 2 a 55 g/L de agua. Algunas especies presentan una importancia agroindustrial como lo es la halófito *Salicornia bigelovii*, la cual puede ser utilizada para forraje, alimento humano, productos cosmetológicos, producción de biocombustibles, comprimidos a base de biomasa seca para la creación de escritorios, librerías, etc., entre otros. La producción de *Salicornia*, demanda aguas salobres o agua de mar, el cual es un recurso que puede ser extraído de los litorales costeros o bien de tierras firmes continentales. El escalamiento de su producción depende de por tanto de la intensificación de nuestro conocimiento sobre diversos aspectos de su biología, fisiología, bioquímica e interacción con microorganismos benéficos que contribuyan a un mejor desarrollo y mejorada productividad de este recurso, sin alterar el medio ambiente.

### Agradecimientos

Se agradece al Evento Internacional: Energías Alternativas Renovables del Noroeste de México, por las facilidades brindadas para dar a conocer conocimiento básico y técnico con relación a las halófitas agroindustriales de zonas árido desérticas. Programa Redes VIII - Promoción De La Universidad Argentina, Fortalecimiento De Redes Universitarias Proyecto Res. SPU 445 – N° 35 -79 – 0366: "Comunidades halófitas de *Sarcocornia*: producción de forraje y para alimentación humana". Asimismo, al proyecto institucional Universidad de Sonora: identificación de mecanismos de tolerancia a sales de la halófito *Salicornia bigelovii* con la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento de plantas.

### REFERENCIAS

- Agrupación orgánica de Chile, 2002. Agricultura orgánica. Ed: Comité de la oficina Regional para América Latina y el Caribe. Chile. 219 p.
- Ayala, F. and J. O'Leary. 1995. Growth and physiology of *Salicornia bigelovii* Torr. at suboptimal salinity. *International Journal of Plant Sciences*, 156:197-205.
- Bagwell, Ch., Dantzler, M., Bergholz, P. and Lovell, Ch. 2001. Host-specific ecotype diversity of rhizoplane diazotrophs of the perennial glasswort *Salicornia virginica* and selected salt marsh grasses. *Journal Aquatic Microbiol Ecology*, 23: 293-300
- Borboa Flores, Jesús, Ortega Nieblas, Magdalena, Wong Corral, Francisco Javier y Fu Castillo, Agustín. 2005. Uso del nitrato de sodio para mejorar la germinación de la semilla de *salicornia* (*Salicornia bigelovii*). *Biotecnia* 7 (2): 28-33.
- Bromham L. 2015. Macroevolutionary patterns of salt tolerance in angiosperms. *Annals of Botany* 115: 333-341
- Cortinhas A, Erben M, Paes AP, Santo DE, Guara-Requena M, Caperta AD. 2015. Taxonomic complexity in the halophyte *Limonium vulgare* and related taxa (Plumbaginaceae): insights from analysis of morphol
- Flowers TJ, Colmer TD. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist* 179: 945-963.
- Levanony, H., Bashan, Y., Romano, B. and Klein, E. 1989. Ultrastructural localization and identification of *Azospirillum brasilense* Cd on and within wheat root by inmuno-gold labeling. *Plant and Soil*. 117:207-218.
- Lutts S, Lefe'vre I. 2015. How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas? *Annals of Botany* 115: 509-528
- Mota, U. 1999. Sistemas de riego aplicados a la producción de alimentos con agua de mar. I simposium internacional sobre financiamiento para modernización de áreas de riego. Hermosillo, Sonora, México, p 5.
- Murillo-Amador, B., E. Troyo-Diéguez, H.G. Jones, F. Ayala-Chairez, C.L. Tinoco-Ojanguren and A. López-Cortés. 2000. Screening and classification of cowpea genotypes for salt tolerance during germination. *PHYTON. International Journal of Experimental Botany*, 67: 71-84.
- Rueda-Puente, Edgar O.; Beltrán Morales, Félix A.; Ruíz Espinoza, Francisco H.; Valdez Cepeda, Ricardo D.; García Hernández, José Luis; Ávila Serrano, Narciso Y.; Partida Ruvalcaba, Leopoldo; Murillo Amador, Bernardo. 2011. Opciones de manejo sostenible del suelo en zonas áridas: aprovechamiento de la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) y uso de biofertilizantes en la agricultura moderna. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, (13): 2, 157-167.
- Rivers, W. and Weber, D. 1971. The influence of salinity and temperature on seed germination in *Salicornia bigelovii*. *Plant Physiology*, 24: 73-75.
- Slama I, Abdelly C, Bouchereau A, Flowers T, Savoure' A. 2015. Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Annals of Botany* 115: 433-447.
- Saslis-Lagoudakis CH, Hua X, Bui E, Moray C, Bromham L. 2015. Predicting species' tolerance to salinity and alkalinity using distribution data and geochemical modelling: a case study using Australian grasses. *Annals of Botany* 115: 343-351
- Song J, Wang B. 2015. Using euhalophytes to understand salt tolerance and to develop saline agriculture: Suaeda salsa as a promising model. *Annals of Botany* 115: 541-553
- Tient, T.M., Gaskinns, M.H., and Hubbel, D.H. 1979. Plant Growth Substances Produced by *Azospirillum brasilense* and Their Effect on the Growth of Pearl Millet (*Pennisetum americanum*) *Appl. Environmen Microbiol.*, 37:1016-1024.