



DESARROLLO NATURAL DE LA HALÓFITA *Salicornia bigelovii* (TOR.) EN ZONA COSTERA DEL ESTADO DE SONORA¹

[NATURAL DEVELOPMENT OF THE HALOPHYTE *Salicornia bigelovii* (TOR.) IN COASTAL AREA OF SONORA STATE]

Edgar O. Rueda-Puente^{1*}, Bernardo Murillo-Amador², Jesús Ortega García¹,
Pablo Rangel Preciado³, Alejandra Nieto Garibay², Ramón J. Holguín Peña²,
Guadalupe A. López Ahumada³, Francisco Rodríguez Félix³,
Juan Manuel Vargas-López³ and Francisco Javier Wong Corral³

¹Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Boulevard
Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora,
México. Email: erueda04@santana.uson.mx

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo No. 195, Col.
Playa Palo Santa Rita, La Paz, Baja California Sur. Apartado postal 23090.

³Universidad de Sonora, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos,
Boulevard Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, C.P. 83000, Hermosillo,
Sonora, México

*Corresponding author

RESUMEN

Con la finalidad de ampliar el conocimiento respecto a la estructura vegetativa y condiciones ambientales, dos zonas costeras (norte y sur) en el estado de Sonora, México, donde se desarrolla en forma natural *Salicornia bigelovii* fueron investigadas. Basados en la abundancia de *Salicornia*, tres localidades fueron seleccionadas en las dos zonas. Transectos en cada uno de las tres localidades fueron desarrollados. Los sedimentos en las áreas de la zona norte mostraron valores superiores en comparación de las del sur del estado en materia orgánica. La biomasa vegetal, densidad, la altura y la frecuencia de ocurrencia fueron mayores en las regiones frecuentemente inundadas en comparación de las regiones poco o menos frecuentemente por las mareas. La biomasa total promedio varió desde 2.23 hasta 6.33 kg (peso seco) m⁻² y se compone sobre todo de los componentes de la superficie. Los valores máximos de biomasa de *Salicornia* se observaron en febrero a mayo en ambas zonas. El crecimiento de *Salicornia bigelovii* está influenciada principalmente por la frecuencia de las inundaciones, la duración de la exposición a la atmósfera durante la marea baja, las precipitaciones, la salinidad y el contenido de sal del agua del ambiente y los sedimentos, respectivamente. El contenido de carbono aumentó con la edad de la planta, mientras que el contenido de proteína disminuye en un 233.6 %. El aumento constante de la presión antropogénica sobre las zonas costeras donde se desarrolla *Salicornia* y otras halófitas obligadas, requieren un ordenamiento de protección inmediato para evitar vulnerabilidad en sus poblaciones.

Palabras clave: humedales costeros; *Salicornia*; estructura vegetal; medio ambiente; Puerto Peñasco, Bahía de Kino.

SUMMARY

In order to increase knowledge about the vegetative structure and environmental conditions, two coastal areas (north and south) in Sonora, Mexico, where *Salicornia bigelovii* develops in natural form were investigated. Based on the abundance of *Salicornia*, three locations were selected in the two areas. Transects in each of the three sites were developed. The sediments in the northern areas showed higher values compared with the south areas of Sonora in organic matter. Plant biomass, density, height and frequency of occurrence were higher in frequently flooded areas compared to sparsely or less often by the tides. The average total biomass ranged from 2.23 to 6.33 kg (dry weight) m⁻² and is composed primarily of surface components. The maximum values of biomass of *Salicornia* were observed in February to May in both areas. The growth of *Salicornia bigelovii* is influenced mainly by the frequency of flooding, duration of exposure to air during low tide, rainfall, salinity and salt content of the ambient water and sediment, respectively. The carbon content increased with plant age, while protein content decreased by 233.6%. The steady increase in human pressure on coastal areas where *Salicornia* and other halophytes growth, require immediate protection order to prevent vulnerabilities in their populations.

Key words: coastal wetlands; *Salicornia*; vegetation structure; environment; Puerto Peñasco; Bahía de Kino.

¹ Submitted May 23, 2012 – Accepted February 22, 2017. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados el “eslabón” entre sistemas que no son completamente acuáticos ni terrestres. La Convención Ramsar los define como “aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Brown *et al.*, 1999). En algunas regiones del mundo, especialmente en la República de India, los humedales costeros en zonas rurales han sido clasificadas como hábitats ecológicamente sensibles en la categoría 6.1 de la Ley de Regulación Costera (CRZ) (Jagtap *et al.*, 2002). Los humedales salinos en la República Mexicana lo consolidan como el 2o. lugar a nivel mundial en cuanto a número de sitios inscritos (131) ante la Convención Ramsar de Humedales de Importancia Internacional (CONANP, 2011). Los manglares ocupan 3.150 km² (Jagtap *et al.*, 1993) y el resto por áreas pantanosas, bancos salinos y regiones salinas. Las regiones pantanosas están influenciadas por las mareas ocasionales que dan apoyo al crecimiento de halófitas obligadas, mientras que las regiones con alta salinidad y/o con incrustaciones de sal-en su mayoría quedan desprovistas de vegetación, demandando trabajos de extracción de sales. Los humedales en México están confinados al Golfo de México, golfo de California y Península de Yucatán. La flora en el Golfo de California, está compuesta por tres halófitas obligadas (Troyo *et al.*, 1994), denominadas *Rhizophora* spp; *Distichlis spicata*, *Sesuvium portulacastrum* y *Salicornia bigelovii*.

Salicornia bigelovii es de gran interés, ya que se le ha encontrado un promisorio potencial agroindustrial y económico (Mota, 1990). La importancia agroindustrial de la misma, reside en su capacidad de producción de forrajes, aceites vegetales y alimentos para consumo humano esencialmente ensaladas y harinas. Sumado a ello, ha quedado demostrada su aplicabilidad en industrias como la cosmetología, la construcción, (fibra seca prensada) y fundamentalmente para la recuperación de áreas degradadas por salinización, ya sea natural o inducida por prácticas agrícolas inadecuadas, lo cual favorece la economía rural (Glenn *et al.*, 1995). En los estados de Sonora y Baja California Sur, *S. bigelovii* tiene una amplia distribución a lo largo de sus costas (Gleen *et al.*, 1994), por lo que es factible su desarrollo como

nuevo cultivo en el noroeste de México con perspectivas de explotación comercial (Attia *et al.*, 1997; Rowcliffe *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 1999).

A pesar de *Salicornia* se reproduce ampliamente en algunas regiones costeras de México, su ecología no está bien comprendida. Por otra parte, problemas sociales como la pobreza y la estricta aplicación de políticas de gestión en áreas litorales, ha provocado una tremenda presión antropogénica sobre los humedales salinos (Rao *et al.*, 1998). La presión humana cada vez más en los humedales costeros demanda una protección inmediata y la conservación de importantes hábitats de *Salicornia*.

La gestión de cualquier recurso natural de forma sostenible requiere una comprensión adecuada de la estructura y función del ecosistema, así como información socioeconómica. Por lo anterior descrito, la estructura vegetativa (distribución y patrón de crecimiento, densidad y biomasa) y las características físico-químicas del medio ambiente donde se desarrolla en forma natural *Salicornia bigelovii* en tres zonas del estado de Sonora fueron estudiados. La información que se analiza a continuación pueden ser de utilidad en el programa de desarrollo de las zonas costeras del país, así como en la atracción de las organizaciones interesadas para explorar el potencial comercial de *Salicornia bigelovii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Considerando la extensión y abundancia de *Salicornia bigelovii*, dos áreas con poblaciones de *Salicornia* fueron seleccionados para el estudio (Figura 1). El área 1, se encuentra entre Lat. 31° 21'18.82"N y Long. 113° 35'29.41" O; el área 2, se encuentra entre Lat. 29° 9' 26.62"N y Long. 112° 14'40.66" O y el área 3, a una Latitud entre 28°30'0.53"N y Longitud 111° 55'44.19" O. Los rangos de altura de marea oscilan entre 0.55 m (media de bajo nivel de agua) a 6.5 m (media alta de agua). Los datos físicos relevantes para las áreas muestreadas se presentan en la Tabla 1. La topografía en ambas regiones es plana, donde las mareas son amplias; las lluvias son escasas, y la aridez del clima extremo han dado lugar a una alta salinidad (38 ppm), según Rueda et al. (2009).

Tabla 1. Relevantes datos físicos de las áreas de estudio en el estado de Sonora.

Parámetros	Áreas	
	Área 1 (norte del estado de Sonora)	Área 2 y 3 (sur del estado de Sonora)
Temperatura atmosférica (°C)	15-41.7	11-39.3
Humedad relativa (Media %)	69±15	250±45
Precipitación media anual (mm)	98	110
Rango de marea (m)	0.55-5.2	0.78- 6.5
Área de influencia por las mareas (km ²)		
Área salina	22±4	12±3
Área pantanosa	12	10.5
Total	34	32

Fuentes: <https://www.meteored.mx/clima-America+Norte-Mexico-Sonora-1-3-155-5657.html>;

<http://www.tablademareas.com/mx/sonora/puerto-penasco>;

<http://www.tablademareas.com/mx/sonora/isla-tiburon>

Se seleccionaron diez plantas con el sistema radicular bien desarrollado y se midió la longitud de los brotes de cada una; la longitud de los brotes de las plantas individuales fue medida, y los resultados fueron expresados como valores medios. Las raíces y los tallos de estas plantas se separaron, se lavaron con agua de llave para eliminar la tierra adherida y restos vegetales. La biomasa se pesó en el laboratorio después de secarse en un horno (Marca Bg) a 60 °C. Los resultados finales se expresaron por zonas (Sa, Sb y Sc) en cada sitio de estudio anotando el promedio de los datos de cada sitio respectivo. Cada cuadrante de 1 m² se consideró una unidad de muestra, y los valores medios fueron el promedio de muestras cruzadas.

El color del sustrato donde se desarrolla *Salicornia* fue considerado según Munsell (1975). Los sedimentos de cada zona a lo largo de los transectos fueron excavados a mano, secadas en un horno (Marca Bg) a 60 ° C, y analizados por su granulometría, humedad y contenido de NaCl y carbonatos utilizando el método estándar acorde a Folk, (1968). Asimismo, muestras de agua de los canales que influyen en las áreas de crecimiento de *Salicornia* fueron analizadas para detectar salinidad según lo descrito por Strickland y Parsons (1972). La longitud y el ancho de los entrenudos y el contenido de humedad de las plantas se midieron en las distintas etapas de crecimiento (plántula, floración y madurez fisiológica). El contenido de humedad se midió por triplicado mediante el secado 250 g de material vegetativo lavado (con agua destilada) y secado a 60 ° C en un horno (Marca Bg). Cada una de las muestras secadas, fueron analizadas para conocer contenidos de C, H, N acorde a Jagtap y Untawale (1981) utilizando un analizador Perkin Elmer serie II CHNS de E / S Modelo 2400. El nitrógeno se convirtió en la proteína utilizando el factor de N * 6.25 (Johnson 1941). La

materia orgánica se consideró con base a la técnica de Licon et al. (2001). Los resultados se expresaron en porcentaje.



Figura 1. Áreas geográficas muestreadas en el estado de Sonora (Golfo de California) área uno (1) (norte del estado de Sonora); áreas dos y tres (2, 3) (sur del estado de Sonora).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extensión relativamente mayor de vegetación con *Salicornia bigelovii*, áreas salinas y pantanosas en el

área uno (A1) ubicada en Puerto Peñasco, Sonora (Tabla 1), se puede atribuir a la amplitud de las mareas más grandes y relativamente a una topografía plana. Por su parte las áreas (A2 y A3) en Bahía de Kino, se limitan principalmente a las regiones superiores y supralitorales de varios arroyos, repercutiendo en bajas poblaciones de *Salicornia* a lo largo de las zonas A2 y A3; también se puede atribuir principalmente a las precipitaciones y estrechas zonas intermareales como resultado de fuertes pendientes. No obstante lo anterior, las tres zonas de estudio (A1, A2 y A3) supra-litorales de estas regiones están siendo ampliamente demandadas en gran medida para la urbanización y la agricultura, originando una desaparición total de *Salicornia* a lo largo de la costa noroeste del estado de Sonora. La actividad acuícola es una práctica común en las regiones del Golfo de California. Durante las últimas tres décadas, esta actividad se han intensificado, reduciendo los humedales naturales que eran influenciados por las mareas y albergaban poblaciones de *salicornia* de alrededor de 57% y 37% en Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Sonora, respectivamente; fenómeno que también se ha venido suscitando en algunas regiones del mundo como son Tami Nadu, el Golfo de Kutchhh (Jagtap *et al.*, 2002) y a lo largo de la costa este en la península de Baja California, (Troyo *et al.*, 1994).

Aunque las regiones intermareales a lo largo de la costa de Puerto Peñasco (A1), estuvieron representados por la formación de amplias extensiones-poblaciones de *Salicornia* en varios sitios, se logró observar presencia de construcciones para las actividades comerciales, tales como desarrollo de fraccionamientos habitacionales, establecimientos de gasolina principalmente (Figura 2 (A1)). Por su parte en Bahía de Kino, parte de la franja de manglares a lo largo del litoral sur se ha perdido (Figura 2 (A2)), por efecto del proceso de desarrollo urbano y comercial, observándose restos de los troncos de mangle, en particular de las especies de *Avicennia* spp.

Las observaciones en el presente estudio también indican que, *Salicornia bigelovii* es una planta que se limita al mar (Figura 2 (A1, A2 y A3)). En general, las extensiones de los transectos dirigidos a poblaciones de *Salicornia*, variaron desde 50 m hasta 1,000 m de ancho, donde continuamente se podría detectar áreas estrechas y periódicamente inundadas (30-80 m) con presencia de mangles principalmente de los géneros *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. y *A. alba* a lo largo de la zona A1, A2 y A3. Asimismo,

esta zona inmediata (50 m) hacia la tierra, se detectaron en Puerto Peñasco (A1), inundaciones con una frecuencia de 22-35 mareas por mes⁻¹, y repercutiendo en densos materiales vegetativos (7.92 kg de peso seco·m²) y un crecimiento sano de *Salicornia* (> 75% frecuencia de ocurrencia). Por su parte las zonas (Sa, Sb y Sc) de las áreas A2 y A3, la frecuencia de inundación oscilaba < 7 mareas por mes⁻¹, y arrojando pobres densidades de biomasa seca (3.43±0.27 kg de peso seco·m²) y una frecuencia de ocurrencia no mayor a 30 %. Se logró observar que los transectos estaban poblados por otras especies tolerantes a la salinidad principalmente por *Sesuvium portulacastrum* (deditos nombre común) y *Distichlis spicata* (pasto salado nombre común), extendiéndose sus poblaciones hasta las áreas salinas (Figura 2). La zona de crecimiento de *S. bigelovii* en la zona A1 se extendía hasta los 1,400 m de distancia de la costa, mientras que en las zonas A2 y A3 sus poblaciones raramente se detectaban a los 800 m de distancia de la costa (Figura 2).

Acorde al sustrato donde se desarrolla *Salicornia bigelovii*, éste está compuesto principalmente de arcilla y limo, sobresaliendo el área A1 en arena (Tabla 2). El contenido de sal en los sedimentos fue mayor (0.54 a 0.65 % peso seco) en la región de Puerto Peñasco (A1) (Tabla 2) y aumentando gradualmente hacia la parte superior (Sc). Un similar comportamiento es indicado por Joshi e Iyengar (1982) y Jagtap *et al.* (2002), en Tami Nadu, India, donde las condiciones ambientales son similares a las del noroeste de México (contenidos altos en sales, clima extremoso árido y precipitaciones escasas con lixiviación pobres). La salinidad del agua influye en *S. bigelovii* en las subsiguientes etapas después de la germinación (Rey *et al.*, 1990); sin embargo para el presente estudio las altas densidades de plantas de la halófito en estudio en A1, pueden ser beneficiadas por la composición de suelo (altos contenidos de arena > 60%, repercutiendo en una buena lixiviación).

El hábitat de *Salicornia* a lo largo de las áreas de estudio, se mostraron arbustivas y herbáceas como son aquellos denominados comúnmente como torotes (*Bursera hindsiana*, *B. microphylla*), la jatrofa costera (*Jatropha cinerea*, *J. cuneata*) y los gigantes cardones (*Pachycereus pringlei*). , las cuales son inundadas por aguas procedentes de precipitaciones pluviales con bajas concentraciones de sales. Se observó que el crecimiento herbáceo presentaba una altura promedio de 22 cm. Sin embargo, la altura promedio de arbustos en A1, fue de 65 cm.

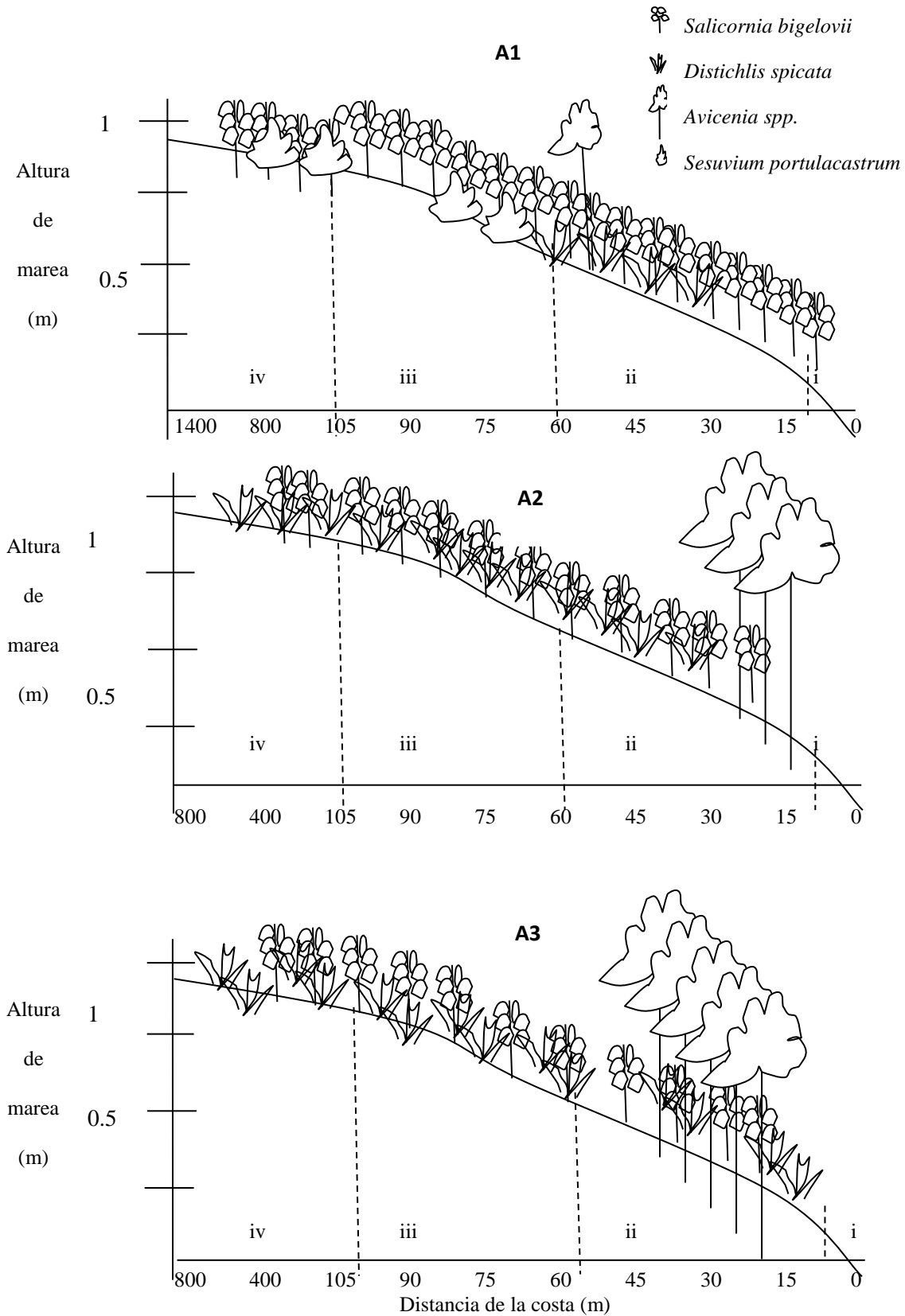


Figura 2. Perfiles representativos de la distribución de *Salicornia bigelovii* que se desarrolla en forma natural en la zona costera del Estado de Sonora (Puerto Peñasco: (A1) y Bahía de Kino: A2, A3). i: marisma abierta; ii: Población densa de plantas de salicornia; iii: baja población de plantas de Salicornia; iv: áreas salinas.

En el área A1, las poblaciones de *Salicornia*, presentan mayor tiempo de exposición de la vegetación y la acumulación o incrustaciones de sales en el sustrato. De igual forma, las regiones más bajas del litoral presentan mayor biomasa como sedimento en el agua; aspecto ampliamente comentado por Pennings y Callaway (1992). La disminución de la biomasa en las regiones Sb y Sc (supralitorales) puede atribuirse a la salinidad (Tabla 2) debido a una exposición menos constante por las inundaciones de marea (Rey *et al.*, 1990). La inundación periódica de las zonas intermareales ayuda a mantener bajos los niveles de sal en el sustrato de *Salicornia* spp.

Los caracteres de crecimiento y morfológicos en halófitas están influenciados por las concentraciones de sales en el agua y sedimentos (Ungar, 1987). La

naturaleza arbustiva de *Salicornia* en el Golfo de California puede deberse a una baja frecuencia de las inundaciones, lluvias escasas, y/o alto contenido de sal en los sedimentos y en el agua. El estrés salino ha sido ampliamente reportado como causante de aumento de la mortalidad de vegetación en zonas costeras (Ungar, 1987), lo cual repercute negativamente en bajas poblaciones de *Salicornia* en Sb y Sc de A1, A2 y A3 (Sc=10% Frecuencia de ocurrencia en A1; Sc=11% Frecuencia de ocurrencia) (Tabla 3). No obstante lo anterior, el crecimiento de *Distichlis spicata* y *Sesuvium portulacastrum*, es más abundante en las áreas con mayor concentración de sales en sustrato (Tabla 3). La biomasa total varió desde 2.23 a 5.43 kg peso seco m² en A1; por su parte en A2 y A3 varió de un 3.43 a 4.13 kg peso seco m² (Tabla 3).

Tabla 2. Características de sedimentos de *Salicornia bigelovii* que se desarrolla en forma natural en zona costera del Estado de Sonora (Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Son.)

Localidad /área	Zona	Color de suelo	Humedad (%)	Arena	Porcentaje en peso seco				M.O
					Limo	Arcilla	Sales	Carbonatos	
A1	Sa	CC	12.45	31.73	9.23	49.04	0.54	4.45	4.99
A1	Sb	CC	10.23	45.56	12.98	27.46	0.34	6.32	7.34
A1	Sc	CC	11.45	40.93	11.10	29.64	0.65	6.23	11.45
	Media		11.37	39.40	11.10	35.38	0.51	5.66	7.92
A2	Sa	CO	9.67	29.34	13.23	43.43	0.45	4.32	9.23
A2	Sb	CO	9.45	28.34	9.34	53.1	0.54	5.23	3.45
A2	Sc	CO	4.56	32.34	10.23	48.02	0.53	2.45	6.43
A3	Sa	CO	10.11	32.23	12.43	44.94	0.54	4.43	5.43
A3	Sb	CO	9.45	30.12	10.23	51.00	0.55	2.65	5.45
A3	Sc	CO	7.34	29.34	9.34	52.88	0.56	3.56	4.32
	Media		8.34	30.25	10.8	48.89	0.52	3.77	5.71

Leyendas: Áreas: 1,2,3; CC: café claro; CO: café oscuro; M.O: materia orgánica; Sa, Sb, Sc: transectos divididos en zonas

Tabla 3. Estructura vegetativa de *Salicornia bigelovii* que se desarrolla en forma natural en zona costera del Estado de Sonora (Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Son.)

Localidad /área	Área 1 n=12			Área 2 y 3 n=18		
	Sa	Sb	Sc	Sa	Sb	Sc
Zona en transecto /parámetros						
Frecuencia de Ocurrencia (%)	75	35	10	65	30	11
Biomasa (media) total (kg peso seco m ⁻²)	5.43±0.78	6.33±0.82	2.23±0.27	3.43±0.87	3.44±0.27	4.13±0.97
Altura de plantas (media) (cm)	34	45	43	33	43	45
Número de plantas (media) (m ⁻²)	24	65	24	11	24	15
Tipo de vegetación	A	A	A	A	H	H

Hierbas:H; Arbustivo:A; Sa, Sb, Sc: transectos divididos en zonas

Las mayores concentraciones de materia orgánica y de sal en las zonas altas (Sb y Sc) puede ser debido a la baja frecuencia de las inundaciones, lo que resulta en la acumulación de materia orgánica adicional. De igual forma la presencia de carbonatos en los sedimentos analizados puede ser debido a la erosión de la sedimentación costera y las rocas calcáreas (Hashimi *et al.*, 1978).

El ciclo de crecimiento (Tabla 4) de *Salicornia* parece ser en gran medida influenciado por la temperatura y la salinidad del suelo, el agua. Los patrones de los procesos físicos diferentes a lo largo de las costas juegan un papel importante (Rueda et al., 2003; 2004). El crecimiento de *Salicornia bigelovii* en las áreas de estudio, se ve influenciada por la lluvia, reduciéndose las concentraciones de sales en el agua de mar y en el entorno ambiental, lo cual da lugar a la germinación y a un establecimiento de plántulas en los meses de diciembre a febrero (Tabla 4). Una vez que las plantas han pasado por la etapa más crítica de establecimiento (plántulas), *S. bigelovii* se ve sujeta regulares inundaciones con un incremento gradual de concentraciones de sales (Marzo-Agosto). Las moderadas temperaturas juegan un papel importante en la etapa de floración (Marzo-Mayo), dando lugar a una mínima evaporación en las plantas. Un gran número de angiospermas marinas requieren menor salinidad para su germinación y crecimiento temprano (Jagtap y Untawale 1981; Jagtap 1985). *Salicornia* alcanza la madurez y adquiere succulencia y, posteriormente, la senescencia con aumento de la temperatura y la salinidad durante el verano (Marzo-Agosto) (Tabla 4 y 5). El grado de succulencia de las plantas marinas aumenta con la edad como resultado de la acumulación de sal y de almacenamiento de agua (Biebl y Kinzel 1965; Joshi e Iyengar, 1982).

Respecto al contenido de carbono y el contenido de nitrógeno de las plantas de *S. bigelovii*, en promedio se estima de un 27.21 a un 31.23 % en las zonas de estudio (A1, A2 y A3), observándose un incremento gradual con el paso de las etapas vegetativas (Tabla 5). Por su parte el contenido de proteína en las plantas, fue estimado en un 61.76, 67.98 y 29.12 % en plántula, floración y senescencia, respectivamente (Tabla 5). Lo anterior concuerda con Gleen *et al.* (1984, 1991, 1994, 1995), con respecto a los altos valores de proteína y por ende nutrimental, en comparación con otras halófitas.

Las regiones del litoral de los municipios de Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora, son afectadas por las obras comerciales urbanas y actividades relacionadas con la acuicultura. Éstas actividades de construcción de viviendas y espacios comerciales, se han traducido en el deterioro o la desaparición total de *Salicornia bigelovii*, en una serie de localidades a lo largo de ambas zonas (A1, A2 y A3), provocando que la especie *S. bigelovii* y otras halófitas obligadas sean amenazadas, aspecto que las hace vulnerables o en peligro de extinción.

En la República Mexicana, a partir de 1989, el Congreso aprobó el Acta Norteamericana para la Conservación de Humedales con la finalidad de proteger, restaurar y manejar ecosistemas de humedales. Se recomienda una aplicación estricta de la norma se desarrolle de forma adecuada, con la finalidad de mitigar el impacto de la flora halófila. Asimismo, se sugiere formular estrategias donde las empresas gubernamentales y/o privadas generen desarrollo sostenible además de la conservación y restauración de los hábitats ecológicamente deteriorados.

Tabla 4. Desarrollo natural de *Salicornia bigelovii* en la zona costera del Estado de Sonora (Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Son.)

Mes	Puerto Peñasco		Bahía de Kino	
	Clima (parámetro mayor)	Condiciones generales vegetativas	Clima (parámetro mayor)	Condiciones generales vegetativas
Diciembre-Febrero	Bajas temperaturas y moderada salinidad en agua y suelo, precipitaciones pluviales	Germinación-emergencia	Bajas temperaturas y moderada salinidad en agua y suelo, precipitaciones pluviales	Germinación-emergencia
Marzo-Mayo	Incremento de salinidad en suelo y agua	Inicio de floración-plantas succulentas	Incremento de salinidad en suelo y agua	Germinación, emergencia
Junio-Agosto	Altas temperaturas y alta salinidad en suelo y agua	Floración en plantas succulentas y Madurez fisiológica	Altas temperaturas y alta salinidad en suelo y agua	Floración en plantas succulentas y Madurez fisiológica
Septiembre-Noviembre	Decremento de salinidad en suelo y agua	Senescencia y Liberación de semilla	Decremento de salinidad en suelo y agua	Senescencia y Liberación de semilla

Tabla 5. Características morfológicas y contenido de C, H, N en *Salicornia bigelovii* que se desarrolla en forma natural en zona costera del Estado de Sonora (Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Son.)

Parámetros morfológicos y bioquímicos	Etapa vegetativa			
	Plántula	Floración	Senescencia	Media
Longitud de brotes (mm)	7.4	8.4	7.9	7.9 ±0.85
Diámetro de brotes (mm)	4.5	6.5	4.5	5.1 ±1.11
Color	Verde obscuro	Verde claro con tonalidades rojizas en brotes	Verde claro tornándose amarillas	---
C (%)	24.34	28.12	19.34	23.93 ±2.1
H (%)	3.2	3.99	2.73	3.30 ±0.21
N (%)	0.45	0.46	0.54	0.48 ±0.2
C:N (relación)	27.21	31.23	33.23	30.55 ±3.23
Proteína (mg · g ⁻¹ peso seco)	61.76	67.98	29.12	52.95 ±11.23

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos, se concluye que *Salicornia bigelovii* en las dos localidades estudiadas, es una planta potencial colonizadora que forma parte de los humedales de alta salinidad de la zona costera del estado de Sonora, detectándose que la biomasa vegetal, densidad, la altura y la frecuencia de ocurrencia fueron mayores en las regiones frecuentemente inundadas en comparación de las regiones poco o menos frecuentemente por las mareas. El crecimiento de *Salicornia bigelovii* está influenciada principalmente por la frecuencia de las inundaciones, la duración de la exposición a la atmósfera durante la marea baja, las precipitaciones, la salinidad y el contenido de sal del agua del ambiente y los sedimentos, respectivamente. Las áreas naturales de *Salicornia* en las áreas evaluadas, son también de gran potencial como biofiltros para los efluentes salinos de los campos de la acuicultura y salinas aportando una recuperación a gran escala de los humedales.

Agradecimientos

Al Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agro-biotecnología y Recursos Filogenéticos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a la Comisión Nacional Forestal y la Universidad de Sonora, a través del proyecto clave 14651; y estancia aprobada del Dr. Bernardo Murillo Amador en Apoyos Complementarios para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación (Repatriación, Retención y Estancias de Consolidación)- 2007.

REFERENCIAS

Attia, F. M., A. A. Alsobyel, M. S. Kriadees, M. Y. Al-Saiady, Bayoumi M.S. 1997. Nutrient compositions and feeding value of *Salicornia*

bigelovii torr meal in broiler diets. Animal Feed Science and Technology 65:257–263.

Biebl, R., Kinzel H. 1965. Blattbatu and Salzhaushait von Laguncularia (L) Gaertn. und anderer Mangrovebaume auf Puerto Rico. Osterreichische Botanische Zeitschrift 112 ½:56.

Brown, J. J., E. P. Glenn, Fitzsimmons K. M., Smith S. E. 1999. Halophytes for the treatment of saline aquaculture effluent. Aquaculture 175:255–268.

CONANP. 2011. Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas. 2017. <http://www.conanp.gob.mx/>

Folk, R. L. 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Austin, TX, USA.

Glenn, E. P., W. O. Fames, M. C. Watson, Thompson T. L., Kuehl R. O. 1991. *Salicornia bigelovii* Torr: an oilseed halophyte for seawater irrigation. Science 251:1065–1067.

Glenn, E., Brown J., O’Leary J. 1998. Irrigating crops with seawater. <http://www.scrum.com./1998/0898issue/0898glenn.html>. Science. American, 279: 76-81

Glenn, E., Hicks, N., Riley J. 1995. Seawater irrigation of halophytes for animal feed. Environmental Research Laboratory, Tucson Arizona, p 221-234

Glenn, E., Lewis T., Moore D. 1994. Synthesis of selected reseach results on *Salicornia bigelovii*. Halophyte Enterprises, Inc., 60 p.

Glenn, E., O’Leary W. 1984. Relationship between salt accomulation and water content of dicotyledonous halophytes. Plant Cell and Enviroment, 7:253-261

- Hashimi, N. H., Nair R. R. Kidwai R. M. 1978. Sediments of the Gulf of Kutch— a high energy tide dominated environment. *Indian Journal of Marine Science* 7:1–7.
- Jagtap, T. G. 1987. Distribution of algae, seagrasses and coral communities from Lakshdweep Islands, Eastern Arabian Sea. *Indian Journal of Marine Science* 16:256–260.
- Jagtap, T. G. 1996. Some quantitative aspects of structural components of Seagrass meadows from the southeast coast of India. *Botanica Marina* 39:39–45.
- Jagtap, T. G., Untawale A. G. 1981. Ecology of seagrass beds *Halophila beccarii* (Ascher) in Mandovi Estuary, Goa. *Indian Journal of Marine Science* 16:256–260.
- Jagtap, T. G., Chavan V. Untawale A. G. 1993. Mangrove ecosystems of India: a need for protection. *Ambio* 22:252–254.
- Jagtap, T.G., Siddharth, H., Vinod L. N. 2002. Ecological observations on mayor *Salicornia* beds from highly saline coastal wetlands of India. *Wetlands* 22: 443-450.
- Joshi, A. J. Iyengar E. R. R. 1982. Physico-chemical characteristics of soils inhabited by halophytes, *Suaeda nudiflora* Moq. and *Salicornia brachiata* Roxb. In Gujarat. *Indian Journal of Marine Science* 11:199–200.
- Mota, U. 1990. Seawater irrigation crops *Salicornia* (SOS7) as an example. The University of Arizona, Tucson Arizona, 12 p.
- Munsell Color Company. 1975. Munsell soil color charts. Ed. Munsell Color Co., Baltimore, MD. 789 p.
- Licon, T. L. P.; Rodríguez, V. L.; Molina, J. N. L. 2001. Diagnóstico, Interpretación y Resultados. Manual de Análisis de Suelos-Planta-Agua. Universidad Autónoma de Chiapas. pp 9-14.
- Pennings, S. C., Callaway R. M. 1992. Salt marsh plant zonation: The relative importance of competition and physical factors. *Ecology* 73:681–690.
- Rey, J. R., J. Shaffer, Crossman R., Tremain D. 1990. Aboveground primary production in impounded, ditched, and natural *Batis-Salicornia* marshes along the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Wetlands* 10:151–171.
- Rowcliffe, J. M., Watkinson A. R., Sutherland W. J. 1998. Aggregative responses of brent geese on salt marsh and their impact on plant community dynamics. *Oecologia* 114:417–426.
- Strickland, J. D. H., Parson T. R. 1972. Determination of salinity by titration. p. 11–19. In J. C. Stevenson (ed.) *A Practical Handbook on Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, ON, Canada.
- Rueda, E., T. Castellanos, E. Troyo, Díaz A. 2004. Effect of *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens* on the growth and development of two *Salicornia bigelovii* genotypes. *Australian Journal Experimental Agriculture*. 44: 65 – 74.
- Rueda, E., T. Castellanos, E. Troyo, Díaz L., 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. *Journal Agronomy Crop Science*. 189: 323-332.
- Troyo, D., Ortega-Rubio, A., Maya, Y., León J.L. 1994. The effect of environmental conditions on the growth and development of the oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* Torr in arid Baja California Sur, Mexico, *Journal of Arid Environments*, 28: 207-213.
- Ungar, I. A. 1987. Population characteristics, growth, and survival of the halophyte *Salicornia europaea*. *Ecology* 68:569–575.