

# La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales

Orlando Coc-Coj<sup>1</sup>, Augusto Cámara-Mota<sup>2</sup>, Nicolás González-Cortés<sup>1</sup> y Román Jiménez-Vera<sup>1</sup>

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos<sup>1</sup>, DES Ciencias Naturales<sup>2</sup>  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco<sup>1</sup>, Universidad Autónoma del Carmen<sup>2</sup>  
Tenosique, Tab.<sup>1</sup>, Ciudad del Carmen, Cam.<sup>2</sup>; México

[nicolas.gonzalez, roman.jimenez]@ujat.mx, amota@pampano.unacar.mx, orlandococcej@gmail.com

**Abstract**— The *Salicornia* sp. is a halophyte plant, with a wide geographic distribution and a phytochemical profile of scientific interest. The objective of this review is to relate the properties of salicornia with its beneficial effects on the health of consumers. Among the effects identified are the decrease in blood pressure, anti-cancer properties against colon and liver cancer, antihyperglycemic activity and protection against the organochlorinated insecticide diphenyldichloroethane. In addition, significant reduction of total cholesterol and triglycerides, antiosteoporotic effect, inhibition of microorganisms of food interest, gourmet food and fermented beverages or vinegar. In addition, the plant is useful for the bioremediation of soils and animal feed. These properties make the salicornia, a vegetable of multiple use, and with beneficial effects for consumers.

**Keyword**— *salicornia, functional foods, health, halophilic.*

**Resumen**— La *Salicornia* sp. es una planta halófila, de amplia distribución geográfica y con un perfil fitoquímico de interés científico. El objetivo de esta revisión es relacionar las propiedades de salicornia con sus efectos benéficos en la salud de los consumidores. Entre los efectos identificados se encuentra la disminución de la presión arterial, propiedades anticancerígenas contra el cáncer de colon y hepático, actividad antihiper glucémica y protección contra el insecticida organoclorado difenildicloroetano. Además, reducción significativa de colesterol total y triglicéridos, efecto antiosteoporótico, inhibición de microorganismos de interés alimentario, alimento gourmet y bebidas fermentadas o vinagre. Además, la planta es útil para la biorremediación de suelos y alimentación animal. Estas propiedades hacen de la salicornia, un vegetal de múltiple aprovechamiento, así con efectos benéficos para los consumidores.

**Palabras claves**— *salicornia, alimento funcional, salud, halófilo.*

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad que se realiza en la naturaleza para producir alimentos de manera sostenible. Incluye técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, producir alimentos y productos a través de la labranza y la silvicultura [1]. Entre los principales problemas de la agricultura se encuentra el incremento de la salinidad en los suelos. El término salinidad se refiere a la presencia de una elevada concentración de sales que perjudica a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo debido, principalmente a la presencia de cloruro de sodio (NaCl) y sus combinaciones de sales, como los cloruros y los sulfatos [2].

Las altas concentraciones de sodio en los suelos no sólo perjudican las plantas directamente, sino también degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua. El origen de la salinidad de los suelos se encuentra en las prácticas agrícolas incorrectas, el mal manejo del agua y una natural, la cercanía o la altura sobre el nivel del mar. La problemática de la salinización del suelo en las zonas de producción agrícola impone nuevos retos ya que tiene que asegurarse la calidad del suelo, el agua y los nutrientes [2].

Una opción para los suelos con alta salinidad es el cultivo de plantas halófitas. Las halófitas son aquellas con la capacidad de tolerar elevadas concentraciones de cloruro de sodio contenido en el suelo. Estas plantas no sólo pueden crecer a orillas del mar o en estuarios, también pueden vivir en lugares tierra adentro. Aunque pueden crecer en climas fríos, el número es mayor en climas calientes y secos [1].

Las halófitas se clasifican en dos clases: halófitas eventuales y euhalófitas. Las halófitas eventuales tienen desarrollo óptimo en suelos o aguas no salinas y son capaces de tolerar una mayor concentración de sales que las plantas convencionales. Las euhalófitas obtienen el mejor crecimiento en agua o suelos salinos. Las plantas no soportan concentraciones de sal mayores a 5,000 ppm, mientras que las halófitas soportan concentraciones de sal entre 30,000 y 40,000 ppm [1].

Por otra parte, la inseguridad alimentaria es un problema importante en el escenario actual donde una gran parte de la humanidad corre el riesgo de una dieta insuficiente. En la última década, varias plantas se identificaron como fuente de componentes dietéticos y se consideraron aptas para la integración alimentaria. La *Salicornia* sp. es una planta perteneciente a la familia Amaranthaceae, halófito con una amplia distribución geográfica y con un perfil fitoquímico de relevancia alimentaria [3]. La *Salicornia* sp. es una planta suculenta que crece en marismas costeros de todo el mundo y cuenta con una larga historia de utilización por los humanos. Durante años, esta planta se ha utilizado como alimento, ya que es rica en fibra dietética, minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, esteroides y compuestos fenólicos [4]. El objetivo de esta revisión es relacionar las propiedades de salicornia con sus efectos benéficos en la salud de los consumidores, con la finalidad de contribuir a clasificarla como un alimento funcional.

## II. GENERALIDADES

Durante muchos años, el uso de salicornia se enfocó a la fabricación de jabones y vidrio, así como la preparación de medicamentos. En la actualidad representa un recurso alimenticio importante, ya que las semillas pueden procesarse para la extracción de aceites y, sus ramas carnosas, como ingrediente de la alta cocina. Esta revalorización ha llevado a que en muchas salineras se lleve a cabo un proceso de recolección y cultivo, convirtiéndose en un elemento más de diversificación económica de las salineras y un medio de subsistencia para los habitantes [1].

Además, su ingesta se ha asociado con una disminución de la presión arterial media debido al efecto vasoprotector del ácido transferúlico, por lo que podría ser utilizada como una alternativa para prevenir y mejorar la hipertensión [5]. También se ha demostrado la presencia de agentes activos como flavonoides, saponinas, alcaloides, taninos, esteroides y selenio. Lo que podría estar asociado a los efectos anticancerígenos, antiglicémicos, hepatoprotectores e hipolipemiantes reportados en esta planta [6]. De igual manera, se ha reportado que el extracto desalado de salicornia puede ser un ingrediente potencial para suplementos dietéticos o nutraceuticos para mejorar y prevenir trastornos relacionados con la remodelación vascular [7].

Su empleo en alimentación no es nuevo. Sin embargo, la reciente escasez en la disponibilidad de alimentos y suelos cultivables han llevado a este género a ser una opción para el cultivo de zonas salinas [3]. Esta planta puede cultivarse en campos irrigados con agua marina y se puede cosechar como cualquier otro cultivo. Su tolerancia a la salinidad hace factible utilizar agua de mar para el riego en regiones costeras o desérticas que no son consideradas aptas para cultivos [1].

Las plantas de salicornia han sido examinadas en busca de un perfil fitoquímico y se ha informado la presencia de una gama de carbohidratos, proteínas, aceites, compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides, saponinas, alcaloides y taninos. La extracción de agua y alcohol seguida de un perfil de componentes ha indexado muchos compuestos potencialmente bioactivos. Los estudios han informado la presencia de fibras dietéticas, polisacáridos bioactivos, proteínas, lípidos, esteroides, flavonoides y minerales como magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y potasio (K), en *S. herbacea* [3].

En la composición química de la salicornia es posible encontrar lípidos, prótidos, mucílagos, esteroides, triterpenos ( $\alpha$ -amirina), cumarinas y flavonoides. La cutícula de las hojas contiene ceras e hidrocarburos: 1-cloro-n-alcanos [8]. El aceite proveniente de las semillas es un aceite comestible. El perfil de ácidos grasos incluye ácido palmítico (6.9 %), esteárico (2.3 %), oleico (14.1 %), linoleico conocido como omega-6 (73.1 %), linolénico u omega-3 (2.4 %) y otros (1.2 %) [1].

Tikhomirova *et al.* [9] evaluaron la productividad, composición bioquímica y mineral de *Salicornia europaea* cultivada bajo condiciones intensivas en un sistema bioregenerativo de soporte vital. Estos sistemas son ecosistemas artificiales conformados por relaciones simbióticas complejas entre plantas superiores, animales y microorganismos. La composición bioquímica de la parte comestible mostró una mayor cantidad de proteínas y una menor concentración de azúcares y polisacáridos, excepto la celulosa. Los lípidos se caracterizaron por un alto grado de insaturación debido a los ácidos alfa linolénico y linoleico. Esta planta puede ser una fuente de metabolitos y ácidos grasos esenciales para el ser humano.

Además de ser una fuente de sal en los alimentos, las propiedades medicinales de la salicornia son de especial interés. Estas plantas poseen efecto anticancerígeno, antiglicémicos, hepatoprotectores e hipolipemiantes. Las propiedades medicinales de estas plantas dependen del contenido de agentes biológicamente activos en ellas. En *Salicornia brachiata*, se determinó la presencia del microelemento selenio [6].

### III. EFECTOS EN LA SALUD

En la alimentación humana es importante contar con fuentes de vitaminas, minerales, fibras y otros elementos indispensables para el funcionamiento, crecimiento y desarrollo de las capacidades físicas e intelectuales del individuo [10]. El interés en los componentes de algunos vegetales con efectos funcionales se ha incrementado en los últimos tiempos, ya que algunas enfermedades pueden prevenirse o tratarse mediante una alimentación saludable [11].

El efecto positivo de las plantas sobre la fisiología humana se ha ampliado. Durante mucho tiempo, los vegetales se han utilizado para el tratamiento de diversas enfermedades y, en la actualidad, se han convertido en un tema de importancia mundial, con implicaciones tanto medicinales como económicas. La medicina tradicional ha sido la clave para seleccionar y evaluar metabolitos vegetales empleados en la formulación de nuevos fármacos provenientes de plantas [12].

Las plantas tolerantes a la sal crecen en una gran variedad de hábitats salinos, desde las regiones costeras, las marismas hasta los desiertos del interior, las salinas y las estepas. Los halófitos que viven en estos ambientes extremos tienen que lidiar con cambios frecuentes en el nivel de salinidad. Esto se puede hacer desarrollando respuestas adaptativas que incluyen la síntesis de varias moléculas bioactivas. En consecuencia, varias plantas de marismas se han utilizado tradicionalmente con fines médicos y nutricionales. Actualmente, se otorga un interés creciente a estas especies debido a su alto contenido en

compuestos bioactivos Estas sustancias muestran potentes actividades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y antitumorales y, por lo tanto, representan compuestos clave en la prevención de diversas enfermedades. Los organismos halófitos pueden ser una nueva fuente de productos saludables como alimentos funcionales, nutraceuticos o principios activos en varias industrias [13].

#### A. Presión sanguínea

La hipertensión arterial es una enfermedad que afecta aproximadamente al 40 % de la población adulta mundial. Por otro lado, se sabe que es un factor de riesgo que aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular, aumentando en última instancia la morbimortalidad. El alto consumo de sal en los alimentos es causa y agrava la hipertensión arterial y la disfunción vascular. Actualmente, no hay duda del beneficio de reducir la presión arterial en sujetos hipertensos. El buen control de la presión arterial produce una disminución de la mortalidad global y de la morbilidad cardiovascular, tanto por reducción de eventos cerebrovasculares, como cardiacos, renales y otros niveles [14].

Panth *et al.* [5] investigaron el efecto de los extractos de *Salicornia europaea* sobre la función vascular y la presión arterial *in vitro*, en arterias coronarias porcinas y en ratas. Las ratas normotensas alimentadas con una dieta con alto contenido de sal mostraron un aumento significativo de la presión arterial sistólica, la presión arterial diastólica y la presión arterial media, que disminuyeron significativamente en los grupos tratados con salicornia. En ratas hipertensas, la ingesta elevada de sal incrementó significativamente la presión arterial, pero la ingesta de salicornia se asoció con una presión arterial media significativamente menor. Su ingesta no indujo disfunción vascular y el ácido transferúlico podría ser el responsable del efecto vasoprotector; la salicornia podría ser utilizada como una alternativa para prevenir y mejorar la hipertensión.

La *Salicornia europaea* se ha utilizado como medicina popular para el tratamiento de diversas enfermedades como la obesidad, la diabetes y el cáncer. Sin embargo, los estudios de sus efectos sobre los eventos ateroscleróticos en las células del músculo liso vascular son pocos. Won *et al.* [7] exploraron los efectos de la fracción de acetato de etilo del extracto con agua caliente de salicornia en las respuestas ateroscleróticas (especialmente migración y proliferación) en las células del músculo liso vascular y en la formación neointima vascular. El extracto desalado de salicornia, puede ser un ingrediente potencial para suplementos dietéticos o nutraceuticos para mejorar y prevenir trastornos relacionados con la remodelación vascular.

El consumo excesivo de sodio (sal) en la dieta es la causa principal de la presión arterial alta y, en consecuencia, un factor de riesgo importante para las enfermedades cardiovasculares. La Organización Mundial de la Salud quiere reducir la ingesta media de sodio actual de aproximadamente 4 g/d a la mitad. En pan se han probado varias estrategias para disminuir la cantidad de sal, el uso de *Salicornia ramosissima* J. Woods como sustituto de la sal muestra un gran potencial. Sin embargo, todavía se necesita otra investigación para implementarla de manera segura en la industria de la panadería [15].

#### B. Efecto anticancerígeno

El término cáncer se aplica a enfermedades con el rasgo común de la inoperancia de los mecanismos que regulan normalmente el crecimiento, la proliferación y la muerte celular. El cáncer constituye la primera causa de mortalidad a nivel mundial. Existe un gran número de trabajos relacionados con la búsqueda de compuestos con la capacidad de combatir esta enfermedad. En esta búsqueda los productos naturales han jugado un papel importante, en México se han registrado más de 4,000

especies vegetales con atributos medicinales de los cuales sólo se ha estudiado y caracterizado el principio activo de un 5 % [16].

Los polisacáridos de fuentes botánicas que ejercen propiedades anticancerígenas han sido bien documentados. En este sentido, muchos polisacáridos de salicornia también se han mostrado prometedores, validados a través de modelos *in vitro* e *in vivo* [4]. Los polisacáridos brutos y los purificados de *S. herbacea* (a 0.5-4.0 mg/ml) demostraron antiproliferación de células humanas de cáncer de colon HT-29 cuando se incubaron durante 24-48 h. El mecanismo de la muerte celular del cáncer se atribuyó a la detención del ciclo celular en la fase G2/M, seguido de apoptosis. Se observó la expresión del gen supresor de tumores p53 y el inhibidor de quinasa dependiente de ciclina 1, inhibidor de CDK p21 [3].

En otro estudio, el ácido clorogénico derivado de *S. herbacea*, el ácido 3-cafeína, el ácido 4-dicafelquinico ejerció control sobre la metástasis de la línea celular HT-1080 de fibrosarcoma humano. Seguidamente otro estudio encontró que el pentadecil ferulado de *S. herbacea*, el extracto de acetato de etilo posee un efecto antioxidante y ejerce una respuesta anticancerígena hacia el carcinoma hepatocelular hepático humano HepG2 y las células A549 epiteliales del adenocarcinoma de pulmón humano, junto con el fitol y el ácido  $\gamma$ -linolénico. Las saponinas, Salbige A y B, aisladas de *S. herbacea* ejercieron actividades antiproliferativas hacia las células A549 [3].

### C. Efecto antiglicémico

La diabetes ha asumido proporciones epidémicas en los tiempos actuales, debido a la contaminación y al consumo de alimentos procesados y ricos en calorías, entre otros factores causales. El panel existente de fármacos antidiabéticos provoca efectos secundarios. En este sentido, se están buscando opciones más seguras para controlar la hiperglucemia. En consecuencia, se estudió el efecto mejorador del polvo de *S. herbacea* en ratas con diabetes inducida. Cuando se administró solo o se recomendó con ejercicio (en forma de natación), mostró una mayor expresión de los transportadores de glucosa de hígado y músculo. Una mayor concentración de glucógeno en el hígado y el músculo también corroboró el hallazgo, al anunciar el posible uso del halófito como un antídoto para controlar la diabetes [3].

Las dietas ligeramente hiperproteicas son beneficiosas para la salud, según muchos estudios, ya que promueven pérdida de peso corporal y modificaciones en la composición del cuerpo (pérdida de grasa visceral, mejora de la musculatura) debido a su efecto saciante (incrementan los niveles de leptina e insulina), que induce un mayor gasto energético y disminuye los ácidos grasos y triglicéridos y estabiliza la glucosa en sangre. Esta dieta, además, contiene fitoquímicos, como polifenoles, presentes en la salicornia. Numerosas investigaciones tanto a nivel preclínico como clínico, han demostrado las propiedades de diversos polifenoles dietarios para disminuir el peso corporal y mejorar la sensibilidad a insulina y prevenir el desarrollo de diabetes [4].

El equipo de Kim *et al.* [17] investigaron el efecto del polisacárido fisiológicamente activo (SP<sub>1</sub>) aislado de *Salicornia herbacea* en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina. Los animales fueron administrados con 2 % de bebidas experimentales durante 6 semanas. Los niveles de glucosa y triglicéridos en el grupo que consumió SP<sub>1</sub> fueron significativamente más bajos que los del grupo control en un 25 %. Estos resultados sugieren que SP<sub>1</sub> exhibe sustancialmente actividad antihiper glucémica en ratas diabéticas. Por lo tanto, se cree que SP<sub>1</sub> muestra un notable efecto antidiabético en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina.



#### D. Efecto hepatoprotector

El hígado es una glándula vital para la correcta funcionalidad del cuerpo humano, por tanto, la mayoría de los analgésicos inducen efectos adversos en los tejidos y funciones del hígado. Por tanto, se realizó un estudio para evaluar los efectos hepatoprotectores de una bebida herbal coreana, de la cual salicornia fue un componente. La poción multihierba “*taemyeongcheong*” se administró a ratones estresados con paracetamol. A una dosis de 500 mg/kg, la bebida confiere efectos protectores sobre el hígado de los ratones. Se encontró una disminución del nivel de enzimas oxidativas como alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa, fosfatasa alcalina y lactato deshidrogenasa y, un aumento en el nivel de enzimas antioxidantes como catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa. Así mismo se observó una disminución en la expresión de los niveles de ARNm hepático de los genes TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, COX-2 e iNOS, que se vinculan a un menor grado de lesiones en el tejido hepático [3].

En estudios realizados por Morales-Prieto [4] evidencian que la incorporación de salicornia a la dieta ejerce un efecto beneficioso para la salud y protege frente a la toxicidad del insecticida organoclorado diclorofenildicloroetileno (*p,p'*-DDE), principal metabolito del difenildicloroetano (DDT). Aunque hacen falta más estudios, se puede inferir de los resultados obtenidos con esta planta pueden resultar útiles para la prevención y tratamiento de enfermedades metabólicas en humanos. La exposición a *p,p'*-DDE altera la homeostasis REDOX del hígado e induce una reprogramación metabólica que aumenta la tasa glucolítica y altera el metabolismo de los lípidos. Las propiedades antioxidantes, hipoglucémicas e hipolipidémicas atribuidas a la planta *Salicornia sp.*, la hacen una buena candidata para ser utilizada como nutraceutico para contrarrestar los efectos del *p,p'*-DDE.

En otro estudio interesante, se descubrió que la sal de *Salicornia bigelovii* previene el efecto hipertensivo, normalmente asociado con el cloruro de sodio. Se estableció un efecto mejorador sobre el riñón y el hígado que se correlacionó con un nivel más bajo de creatinina sérica [3]. Debido a su composición, la incorporación de salicornia a la dieta en esta proporción la convierte en una dieta ligeramente hipocalórica, con menor contenido en carbohidratos y mayor contenido en proteínas que la dieta normal [4].

#### E. Efecto hipolipemiente

Las dislipidemias son un conjunto de enfermedades asintomáticas causadas por concentraciones anormales de las lipoproteínas sanguíneas. Se clasifican por síndromes que engloban diversas etiologías y distintos riesgos cardiovasculares [18] y son una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo [3]. El aumento de los lípidos en sangre o dislipidemias son un factor de riesgo de aterosclerosis y enfermedades cardiovasculares. Se tratan en principio con cambios en los estilos de vida, con dietas sanas, ejercicios físicos y eliminación de los hábitos tóxicos. Los principales medicamentos empleados son las estatinas, secuestrantes de ácidos biliares y los fibratos [19].

En reportes de Morales-Prieto [4] los extractos alcohólicos de *S. herbacea* al 50 % ha demostrado, en ratones, cuando se prescribe durante 10 semanas, la supresión de los genes relacionados con la lipogénesis. Además, se observó que los flavonoides de esta planta ejercen una inhibición adipogénica en los adipocitos 3T3-L1. En otro estudio realizado por Patel [3] en ratones, esta planta reveló que puede disminuir el aumento de peso corporal mediante el control de la leptina sérica y la manipulación de genes de síntesis de lípidos. La ingesta de una dieta rica en grasas junto con el polvo de la planta a una dosis de 50 g/kg confirió parámetros significativamente mejores en comparación con solo la dieta alta en grasas o la dieta alta en grasas más el grupo NaCl.

En sus estudios, Park *et al.* [20] evaluaron el efecto de *Salicornia herbacea* sobre el colesterol en sangre y el metabolismo de los lípidos, en ratas con hiperlipidemia inducida durante cinco semanas. El tratamiento con salicornia produjo una reducción significativa de los niveles de colesterol total, triglicéridos en sangre y colesterol LDL. En contraste, los niveles de expresión de HDL-colesterol aumentaron en el grupo de tratamiento con salicornia. En el grupo control negativo se observó la degeneración de los tejidos hepáticos debido al consumo de una dieta alta en lípidos, mientras que, en el grupo de administración de salicornia, se observó una reducción sustancial en la acumulación de gotitas de lípidos en el citoplasma. Además, se confirmó la regeneración de los tejidos hepáticos dañados casi al nivel del grupo de control normal. Estos datos sugieren que el extracto de salicornia representa un excelente candidato para la protección de los hepatocitos de rata del daño mediado por la dieta alta en grasas.

#### F. Efecto osteoprotector

Las complicaciones relacionadas con los huesos se encuentran entre las enfermedades metabólicas más preocupantes en el mundo moderno. La fragilidad ósea y la susceptibilidad a las fracturas aumentan con la edad y enfermedades como la osteoporosis. La adipogénesis elevada en el hueso da como resultado osteoporosis y pérdida de masa ósea cuando se combina con la falta de osteoblastogénesis. En un estudio realizado por Karadeniz *et al.* [21], se evaluó el efecto potencial del extracto de *Salicornia herbacea* contra las condiciones osteoporóticas. El efecto inhibitorio de la adipogénesis de *S. herbacea* se ha evidenciado por la disminución de la acumulación de lípidos en las células diferenciadoras y los niveles de expresión de los marcadores de adipogénesis cruciales en los preadipocitos 3T3-L1. El tratamiento con *S. herbacea* redujo la acumulación de lípidos en un 25 % del control. En conclusión, *S. herbacea* posee potencial para ser utilizado como una fuente de agente anti-osteoporótico que puede inhibir la adipogénesis mientras promueve la osteoblastogénesis.

#### G. Efecto antimicrobiano

Los antimicrobianos se encuentran entre los aditivos alimentarios más importantes; el uso de antimicrobianos en alimentos es una práctica común en la industria alimenticia, con la finalidad de conservarlos con las características adecuadas para su consumo. Por muchos años se han utilizado antimicrobianos sintetizados químicamente. Sin embargo, en algunos casos se ha reportado que estas sustancias han causado daño en la salud de los consumidores, lo que ha ocasionado el rechazo de la población a los alimentos procesados [22].

El extracto metanólico de *S. herbacea* mostró actividad antibacteriana, mediada por la interferencia con las enzimas citocromo P450 CYP1A2, CYP3A4 y CYP2D6. Otro estudio exploró la posibilidad de desarrollar nanopartículas antimicrobianas de salicornia. Las nanopartículas de oro basadas en *S. brachiata* se analizaron a través de un conjunto de herramientas estándar, que revelaron su naturaleza polidispersada, cristalina y un tamaño de 22–35 nm. Las partículas diezmaron las bacterias probadas, manifestadas en la zona de eliminación en placas inoculadas. Además, las nanopartículas mostraron actividad sinérgica con el antibiótico fluoroquinolona ofloxacina [3].

Además, la actividad antibacteriana de *Salicornia brachiata*, también se estudió mediante los métodos de difusión y dilución en agar. El extracto metanólico de las hojas de esta especie fue más activo que los extractos acuosos contra *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus* y *Staphylococcus aureus* [23].

Por otra parte, la búsqueda de componentes biológicamente activos de las plantas ha sido de gran interés como nuevas fuentes alternativas contra las enfermedades infecciosas. Se han prescrito diferentes especies de salicornia en medicamentos tradicionales para el tratamiento de enfermedades intestinales,

nefropatía y hepatitis. Hortamani *et al.* [24] investigaron la actividad antimicrobiana de *Salicornia iranica* contra bacterias patógenas. Utilizando el método de difusión en disco, el extracto alcohólico de salicornia (100 mg/ml) mostró un efecto inhibitorio significativo contra *Pectobacterium caratovora* subsp. *caratovora*, *Erwinia amylovora*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes* y *Xanthomonas campestris*. Sin embargo, el extracto etanólico no produjo ninguna reducción en el crecimiento de *Panthoea agglomerans*, *Ralstonia solanacearum*, *Agrobacterium vitis*, *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae*, y *Bacillus subtilis*. En contraste con *Salicornia brachiata*, *Salicornia iranica* no inhibió el crecimiento de *Bacillus* sp.

#### H. Actividad antioxidante

El estrés oxidativo afecta los sistemas biológicos asociado a la exposición a oxidantes o a la disminución de la capacidad antioxidante del sistema, lo cual están fuertemente ligado a patologías como el cáncer, enfermedades cardíacas, arterosclerosis, enfermedades cerebrales y el envejecimiento prematuro, entre otras. Sin embargo, los compuestos antioxidantes tienen la capacidad de inhibir o interrumpir las reacciones de transformación que causan daños a los sistemas. En los últimos años, los antioxidantes naturales provenientes de plantas han sido frecuentemente usados en diferentes campos de la industria farmacéutica como preservantes en alimentos y en medicina [25].

Kang *et al.* [26] investigaron las propiedades antioxidantes y los efectos citotóxicos de las semillas de *Salicornia herbacea* L. en el colon humano y las células intestinales. Se prepararon una serie de fracciones de solventes, que incluyen fracciones de hexano, éter etílico, acetato de etilo y agua a partir de extracto de metanol al 70 % de semillas de salicornia. Entre las fracciones con disolventes, el éter etílico mostró los efectos citotóxicos más potentes en las células de cáncer de colon y fue significativamente menos tóxico para las células intestinales inmortalizadas normales. Los resultados indican que las fracciones de las semillas de salicornia tienen potentes efectos antioxidantes y citotóxicos, y pueden usarse como una fuente dietética para aplicación medicinal.

Estudios realizados por Calatayud [27] donde realizó un diseño de experimentos con diversas plantas que crecen en suelos de alta concentración salina, y dentro de las variedades de plantas destaca la especie *Sarcocornia fruticosa* (*Salicornia*). El estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides. De 15 plantas analizadas, las especies *Juncus maritimus* y *Sarcocornia fruticosa* presentaron mayores niveles de compuestos fenólicos, lo que se relaciona con su actividad antioxidante. Por su parte, Mohamed [8] ha demostrado la actividad antioxidante de diversos extractos, fracciones y compuestos aislados de la parte aérea de la planta de salicornia, así como actividad antitumoral frente al carcinoma de Ehrlich. La planta posee también una moderada actividad antiherpética.

#### I. Efecto diurético

La salicornia, *salicornia* es una planta común en las marismas y en los suelos salinos del interior. Posee propiedades diuréticas y depurativas. Suele emplearse cruda o en infusión. Contiene muchas sustancias minerales como sales de potasio, manganeso, calcio, sílice, yodo y boro [28]. Además, *S. europaeae* se ha utilizado durante mucho tiempo en la medicina tradicional de Kazajastán contra la enfermedad del escorbuto y como diurético. Estas propiedades se relacionan con la presencia de agentes biológicamente activos como flavonoides, taninos, alcaloides y aceites esenciales [6].

Por su parte, Yasari y Vahedi [29] analizaron plantas de las áreas de la reserva biosférica de Irán para la diversidad de plantas medicinales. En su reporte, describen a *Salicornia herbacea*, como una planta



que es empleada en ese país como tónico, cura para el escorbuto, purificador de sangre, diurético y cura para la malaria.

#### J. *Uso alimentario*

La seguridad alimentaria ocurre cuando toda persona tiene acceso a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades. En contraparte, la inseguridad alimentaria se presenta cuando la disponibilidad de alimentos nutricionalmente adecuados y sanos o la posibilidad de adquirirlos en formas socialmente aceptables es limitada o incierta [30].

Por su sabor salado y crujiente, la salicornia se utiliza como ensalada verde, incluso en algunas culturas, se considera un manjar, solo se recomiendan las partes verdes y tiernas, ya que el color rojizo es demasiado alto en salinidad y sílice. En algunas comunidades, los brotes se transforman en bebidas como nuruk (un tipo de iniciador de fermentación), makgeolli (un vino de arroz coreano) o vinagre. Un estudio encontró que Salicornia no solo estimula la propagación de microorganismos en fermentación, sino que también mejora la calidad del vinagre. Además del consumo directo, estas plantas se han encontrado como una fuente de sal dietética. *S. herbaceae* en polvo se transformó en gránulos esféricos, que mostraron potencial para ser utilizado como fuente de cloruro de sodio, NaCl [3].

Un estudio encontró que el 1.5 % de la sal de salicornia como un sustituto parcial de NaCl se puede agregar a las salchichas para mejorar la textura sin efectos secundarios perceptibles. El efecto positivo de la fortificación se manifestó en el aumento del rendimiento de cocción y la estabilidad de la emulsión. Además, se encontró un efecto beneficioso sobre el perfil antioxidante del alimento. El valor alimenticio general de salicornia ha recibido un impulso del estudio de perfiles fitoquímicos que han revelado una serie de componentes nutritivos [3].

Actualmente el consumo de productos de algunas plantas halófitas va creciendo rápidamente y es incluido como alimento de una dieta saludable en muchos países de Europa y Estados Unidos. Se han realizado varios estudios en plantas halófitas que pueden ser utilizadas como verduras comestibles, presentando componentes bioactivos y efectos beneficiosos para la salud, pudiendo ser una vía de producción de cultivos, a medida que aumenta la demanda de alimentos. En el caso de las hojas de *Salicornia bigelovii* se pueden utilizar como una fuente alternativa de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 para consumo humano, esta especie crece en Estados Unidos y Europa, y también es una buena fuente del antioxidante  $\beta$ - caroteno [31].

Otras halófitas como *Sarcocornia perennis*, *Sarcocornia ramosissima* y *Arthrocnemum macrostachyum* son consumidas en cocina de estilo *gourmet*, ya que presentan un alto contenido de proteínas y ácidos grasos poliinsaturados y bajo contenido de metales tóxicos, además de un buen potencial de antioxidantes (Barreira *et al.*, 2017). Muchas especies de manglares, así como los brotes jóvenes y hojas de *Chenopodium album* y *Amaranthus spp*, también se utilizan para ensaladas, así como frutas crudas de *Capparis decidua*, con lo que actualmente la cantidad de especies halófitas para consumo humano va en aumento [31].

#### K. *Fitorremediación de suelos*

Las emisiones de sustancias contaminantes al medio ambiente es una de las constantes de la sociedad moderna, prevaleciendo las procedentes de las industrias, minería, agropecuarias, artesanales y domésticas. La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos. Estas

fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, debido a su amplia aplicabilidad y bajo costo [32].

En Chile, Riffo [33] realizó un proyecto de la fitoextracción de suelos contaminados, mediante las raíces o partes aéreas de las plantas que absorben los metales pesados del suelo, como Zn, Cu, Pb, Cr, Ni y Co, para así eliminarlos y tener una limpieza de éste a largo plazo. Para dicho proyecto se utilizaron dos tipos de plantas, *Lolium Perenne* y *Salicornia*. Los resultados arrojaron que las dos plantas no se comportan como hiperacumuladoras; sin embargo, la especie *Salicornia*, para una concentración biodisponible del suelo, posee factores tanto de traslocación como de bioacumulación por lo tanto, esta planta puede transferir los metales pesados desde la raíz hacia la parte aérea, sirviendo así, para una fitoextracción.

También cabe destacar que la especie *Salicornia* puede tolerar generalmente inmersión en agua salada, usan la vía de C4 para absorber dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, siendo ésta la vía más eficiente para la fotosíntesis, también cabe destacar que esta especie son alimentos para larvas de algunas especies de Lepidoptera, siendo ésta que come exclusivamente *Salicornia* spp [33].

Cabe destacar que las especies de salicornia, presentan un mayor interés para la producción de biomasa, fitorremediador de metales pesados y rehabilitación de suelos, estudios incipientes para posible terapéutica con fines medicinales en humanos. Así mismo el cadmio (Cd) es un factor de estrés para *S. ramosissima* spp, se comprueba que es una planta que puede vivir en sitios afectados por este metal pesado, además de presentar capacidad de bioacumulación de Cd, que disminuye con el aumento de la salinidad, dicha acumulación de Cd ocurre especialmente en las raíces [31].

#### L. Alimentación animal

La acuicultura ha sido el sector productivo con mayor crecimiento en la generación de alimentos al final de esta década, debido a la amplia variedad de plantas y animales cultivados con una producción mundial de 66.7 millones de toneladas, de acuerdo a la FAO [34]. En la costa oeste de Baja California, la camaronicultura no ha tenido un desarrollo importante, ya que las condiciones climáticas no son del todo aptas. Sin embargo, la introducción de nuevas tecnologías de cultivo en sistemas de ambiente controlado son alternativas potenciales [35].

Es por ello que Acosta *et al.* [35] evaluaron el efecto de las harinas de *Salicornia bigelovii* y *Scomber japonicus*, semiprocesada como ingredientes en la formulación de dietas para camarón azul *Litopenaeus stylirostris*, en cultivo súper-intensivo. Se formularon tres diferentes dietas isoproteicas (40 %) e isocalóricas (6 kcal/g). El peso obtenido con la dieta experimental y la dieta basal fue similar a la dieta comercial, no existieron diferencias significativas en talla, peso y factor de conversión alimenticio. Los resultados obtenidos sugieren que la salicornia semiprocesada es factible de utilizar en la formulación de dietas para camarón por ser ingredientes de bajo costo que pueden sustituir a la harina de maíz y pescado tradicional, respectivamente sin efectos detrimentales en el crecimiento y supervivencia.

## IV. CONCLUSIONES

El interés en los componentes de algunos vegetales con efectos funcionales se ha incrementado en los últimos tiempos. La *Salicornia* sp. es una planta halófila, de amplia distribución geográfica y con un perfil fitoquímico de interés científico. En ratas hipertensas, la ingesta de salicornia demostró una presión arterial media significativamente menor y el ácido transferúlico podría ser el responsable del efecto vasoprotector. Muchos polisacáridos de salicornia también se han mostrado propiedades

anticancerígenas, validados a través de modelos *in vitro* e *in vivo*, se ha reportado efectos benéficos contra el cáncer de colon y hepático. Además, el polisacárido SP<sub>1</sub> aislado de salicornia mostró actividad antihiper glucémica en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina. De igual manera, la incorporación de salicornia a la dieta ejerce un efecto beneficioso para la salud y protege frente a la toxicidad del insecticida organoclorado difenildicloroetano (DDT). En cuanto al colesterol en sangre y el metabolismo de los lípidos, en ratas con hiperlipidemia, el tratamiento con salicornia produjo una reducción significativa de los niveles de colesterol total, triglicéridos en sangre y colesterol LDL. El efecto del extracto de salicornia es un agente anti-osteoporótico que puede inhibir la adipogénesis mientras promueve la osteoblastogénesis. Además, el extracto metanólico de las hojas inhibió el crecimiento de los microorganismos *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Micrococcus luteus* y *Staphylococcus aureus*, de interés alimentario. Posee propiedades diuréticas y depurativas y suele emplearse cruda o en infusión ya que contiene muchas sustancias minerales como sales de potasio, manganeso, calcio, sílice, yodo y boro. Por su sabor salado y crujiente, la salicornia se utiliza como ensalada verde, incluso en algunas culturas, se considera un manjar, solo se recomiendan las partes verdes y tiernas, ya que el color rojizo es demasiado alto en salinidad y sílice. En algunas comunidades, los brotes se transforman en bebidas fermentadas o vinagre. Por otra parte, las raíces o partes aéreas de las plantas que absorben los metales pesados del suelo, sirviendo así, para una fitoextracción. Por último, la salicornia semiprocesada es factible de utilizar en la formulación de dietas para camarón por ser ingredientes de bajo costo que pueden sustituir a la harina de maíz y pescado tradicional, sin efectos detrimentales en el crecimiento y supervivencia. Estas propiedades hacen de la salicornia, un vegetal de múltiple aprovechamiento, así con efectos benéficos para los consumidores.

## REFERENCIAS

- [1] Legarda, R. & Gascón, M. (2011). Agua de mar: derecho, supervivencia y soberanía alimentaria. Adentra. Disponible en <http://adentra-blogger.blogspot.com/2011/10/estudio-agua-de-mar-derecho.html>.
- [2] Lamz, A. & González, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*. 34(4):31-42.
- [3] Patel S. (2016). Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. *Biotech*. 6 (1):104. DOI: 10.1007 / s13205-016-0418-6
- [4] Morales, N. (2018). Respuestas biológicas del ratón moruno *Mus spretus* a contaminantes presentes en el entorno de Doñana. Efecto modulador de suplementos en la dieta. UCOPress. Córdoba. pp 317.
- [5] Panth, N., Park, S., Kim, H., Kim, D. & Oak, M. (2016). Protective effect of *Salicornia europaea* extracts on high salt intake-induced vascular dysfunction and hypertension. *Int. J. Mol. Sci.* 17(7):1176. DOI: 10.3390/ijms17071176.
- [6] Silybaeva, B., Mussabayeva, B., Zharykbasova, K., Kydyrmoldina, A. & Kaygusuz, O. (2016). Biologically active agents of *Salicornia europaea* L. grown in East Kazakhstan. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 7(5):2356-2361.
- [7] Won, K., Lee, K., Baek, S., Cui, I., Kweon, M., Jung, S., Ryu, Y., Hong, J., Cho, E., Shin, H. & Kim, B. (2017). Desalted *Salicornia europaea* extract attenuated vascular neointima formation by inhibiting the MAPK pathway-mediated migration and proliferation in vascular smooth muscle cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 94:430-438.
- [8] Mohamed Al-Ashkar, N. (2013). *Estudio etnobotánico de la provincia de Mtruh (Egipto)*. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia. Madrid. pp 417.
- [9] Tikhomirova, N., Ushakova, S., Tikhomirov, A., Kalacheva, G. & Gros, J. (2008). *Salicornia europaea* L. (fam. Chenopodiaceae) plants as possible constituent of bioregenerative life support systems' phototrophic link. *Journal of Siberian Federal University*. 2(2008 1):118-125.

- [10] Izquierdo, A., Armenteros, M., Lancés, L. & Martínez, I. (2004). Alimentación saludable. *Revista Cubana de Enfermería*. 20(1).
- [11] Das, S. (2012). Antimicrobial and antioxidant activities of green and ripe fruits of *Averrhoa carambola* Linn. and *Zizyphus mauritiana* Lam. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 5(3):102-105.
- [12] Dasgupta, P., Chakraborty, P. & Bala, N. (2013). *Averrhoa carambola*: An updated review. *International Journal of Pharma Research & Review*. 2(7):54-63.
- [13] Ksouri, R., Megdiche, W., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I. & Abdelly, C. (2012). Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical Reviews in Biotechnology*. 32(4):289-326.
- [14] Esteban-Fernández, A. (2013). Manejo de la hipertensión arterial. *Archivos de Medicina*. 9(2:4):1-11.
- [15] Lopes, M., Cavaleiro, C. & Ramos, F. (2017). Sodium reduction in bread: A role for glasswort (*Salicornia ramosissima* J. Woods). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16:1056-1071.
- [16] Schlaepfer, L. y Mendoza-Espinoza, J. (2010). Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 41(4):18-27.
- [17] Kim, S., Ryu, D., Lee, M., Kim, K., Kim, Y. & Lee, D. (2008). Anti-diabetic activity of polysaccharide from *Salicornia herbacea*. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*. 36(1):43-48.
- [18] Canalizo-Miranda, E., Favela-Pérez, E., Salas-Anaya, J., Gómez-Díaz, R., Jara-Espino, R., Torres-Arreola, L. & Viniegra-Osorio, A. (2013). Guía de práctica clínica Diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 51(6):700-709.
- [19] Miguel, P. (2009). Dislipidemias. *ACIMED*. 20(6):265-273.
- [20] Park, K., Cho, M., Kim, S. & Lee, J. (2013). Ameliorative effect of saltwort (*Salicornia herbacea*) extract on hepatic dysfunction and hyperlipidemia in rats. *Korea Agricultural Science Digital Library*. 21(2):331-337. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=KR2013002531>
- [21] Karadeniz, F., Kim, J., Ahn, B., Kwon, M., & Kong, C. (2014). Effect of *Salicornia herbacea* on osteoblastogenesis and adipogenesis *in vitro*. *Marine drugs*. 12(10):5132-5147. DOI:10.3390/md12105132
- [22] Rodríguez, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*. 7(1):153-170.
- [23] Manikandan, T. Neelakandan, G. & Usha Rani (2009). Antibacterial activity of *Salicornia brachiata*, ahalophytet. *Journal of Phytology*. 1(6):441-443.
- [24] Hortamani, A., Mojarrad, M., Djavaheri, M. y Heydarian, Z. (2011). *In vitro* antibacterial activity of *Salicornia iranica* against plant pathogenic bacteria. Séptimo Congreso de Biotecnología de I. R. Irán. Irán, 2011.
- [25] Mesa-Vanegas, A., Gaviria, C., Cardona, F., Sáez-Vega, J., Blair, S. & Rojano, A.. (2010). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 15(2):13-26.
- [26] Kang, S., Kim, K., Lee, B., Kim, M., Chiang, M. & Hong, J. (2011). Antioxidant properties and cytotoxic effects of fractions from glasswort (*Salicornia herbacea*) seed extracts on human intestinal cells. *Food Sci. Biotechnol*. 20(1):115-122.
- [27] Calatayud, P. (2010). Compuestos fenólicos y flavonoides como marcadores bioquímicos de la respuesta a estrés abiótico en plantas tolerantes. Universidad Politécnica de Valencia. Gandia. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9179/Memoria.pdf>
- [28] Fresquet, J., Blanquer, G., Galindo, M., Gallego, F., García de la Cuadra, R., López, J. & Sanjosé, A. (2001). Inventario de las plantas medicinales de uso popular en la ciudad de Valencia. *Medicina y Ciencias Sociales*. 13:66.
- [29] Yasari, E. & Vahedi, A. (2011). Study of Iranian biospherical reservation areas for medicinal plants diversity. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. 5(2):53-56.

- [30] Martínez-Rodríguez, J., García-Chong, N., Trujillo-Olivera, L. & Noriero-Escalante, L. (2015). Inseguridad alimentaria y vulnerabilidad social en Chiapas: el rostro de la pobreza. *Nutr Hosp.* 31(1):475-481.
- [31] Gutiérrez, J. (2018). Halófitas como alternativa en la fitorremediación, producción agrícola y otros usos. Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales. Jaén, pp 50.
- [32] Delgadillo-López, A., González-Ramírez, C., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14 (2011):597- 612.
- [33] Riffo, C. (2016). Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas *Salicornia* y *Lolium Perenne*. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ingeniería. Concepción. pp 137.
- [34] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2008). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. pp 250.
- [35] Acosta-Ruiz, M., Paniagua-Michel, J., Olmos-Soto, J., & Paredes-Escalona, E. (2011). Primer registro de la utilización de harinas de *Salicornia bigelovii* y *Scomber japonicus* en dietas prácticas para el cultivo súper-intensivo de camarón *Litopenaeus stylirostris*. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 39(3):409-415.