

***Natrum muriaticum* modifica variables de respuesta productiva en *Salicornia bigelovii* (Torr.)**

Margarito Rodríguez Álvarez¹
Bernardo Murillo-Amador¹
Alejandra Nieto-Garibay¹
Joel Gerardo Aguilar-Trujillo²
Fernando Abasolo-Pacheco³
José Manuel Mazón-Suástegui^{1§}

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. Av. Instituto Politécnico Nacional núm. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México. CP. 23096. Tel. 612 1238484, ext. 3417. (mrodri04@cibnor.mx; bmurillo04@cibnor.mx; anieto04@cibnor.mx). ²Universidad Tecnológica de la Selva. Entronque Toniná km 0.5, carretera Ocosingo-Altamirano, Ocosingo, Chiapas, México. CP. 29950. (Biotec-Aguilar.Joel@outlook.com). ³Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Facultad de Ciencias Ambientales-Unidad de Posgrado-Campus 'Ingeniero Manuel Agustín Haz Álvarez'. Av. Quito km 11/2, vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. (fabasolo@uteq.edu.ec).

§Autor para correspondencia: jmazon04@cibnor.mx.

Resumen

Salicornia bigelovii (Torr.) es una planta con un promisorio potencial agroindustrial y la homeopatía es una alternativa natural que no afecta la inocuidad del organismo tratado. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del medicamento homeopático *Natrum muriaticum* (NaM) sobre variables de respuesta productiva de *S. bigelovii* con diferentes niveles de salinidad (NS) en cultivo hidropónico, aplicando un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial (3A x 3B) y tres repeticiones de 15 plantas c/u. Como factor A, se aplicaron dos niveles de salinidad (NS-50 y NS-100) y un control sin salinidad (NS-0), como factor B, dos dinamizaciones centesimales de NaM (NaM-7CH y NaM-31CH) y un control sin medicamento (NaM-0CH). Las variables respuesta evaluadas fueron longitud parte aérea (LPA), longitud parte radicular (LPR), grosor de tallo (GT), área foliar (AF), potencial hídrico (PH), contenido relativo de agua (CRA), clorofila 'a', clorofila 'b' y clorofila total. Con el tratamiento homeopático NaM-7CH, se registraron valores superiores en LPR y con NaM-31CH, mayores valores promedio en clorofila 'a', clorofila 'b' y clorofila total. Con el tratamiento salino NS-50 se obtuvieron valores mayores para LPA, LPR, GT, AF, CRA, clorofilas 'a', 'b' y totales. Los valores promedio mayores en la morfología de la planta correspondieron a las interacciones NS-50/NaM-7CH y NS-50/NaM-31CH. Esto sugiere un efecto positivo NaM sobre variables relevantes de respuesta productiva de *S. bigelovii* y su potencial aplicabilidad en el cultivo hidropónico de esta halófito costera.

Palabras clave: halófitas, hidroponía, homeopatía agrícola, salinidad.

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: abril de 2022

Introducción

Salicornia bigelovii es una planta halófila facultativa, es la única especie de la familia *Chenopodiaceae* que forma parte de la flora del Golfo de California, tiene potencial como cultivo alternativo irrigado con agua de mar para forraje pecuario y debido a sus propiedades nutritivas y organolépticas, puede utilizarse como alimento fresco para uso humano (Garza-Torres *et al.*, 2020). La aplicación de productos o medicamentos homeopáticos para el control de enfermedades, protección de los suelos y estimulación del crecimiento vegetal se denomina ‘agrohomeopatía’ (Meneses, 2017) y más recientemente, ‘homeopatía agrícola’ (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018a, 2019).

Los medicamentos homeopáticos son compuestos bioactivos altamente diluidos (CBAD) cuya aplicación productiva es creciente, no solo en la agricultura, sino también en la acuicultura marina y de agua dulce (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018b; López-Carvallo *et al.*, 2021). La homeopatía agrícola es una alternativa eco-amigable al uso y abuso de agroquímicos, ya que mediante su aplicación se intervienen y potencian diversos procesos fisiológicos de las plantas, incrementando la resistencia al estrés salino y la respuesta inmune, mejorando su desarrollo, desempeño general y productividad biológica al momento de la cosecha (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019; Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2020).

La homeopatía agrícola es compatible con sistemas de agricultura orgánica certificada (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019), mejora germinación y emergencia de *S. bigelovii* (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020) reduce estrés salino en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivada en hidroponía (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018a). El cultivo hidropónico de especies halotolerantes permitiría el desarrollo agrícola en la zona costera no propia para cultivos tradicionales y la homeopatía agrícola podría ser aplicable (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019, 2020; Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2020).

Natrum muriaticum (NaM) es un medicamento homeopático de uso humano bio-seguro para especies vegetales como *Capsicum annum* var *Glabriusculum* (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2020), *S. bigelovii* (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020), *Phaseolus vulgaris* L. variedad Quivican (García-Bernal *et al.*, 2020; Mazón-Suástegui *et al.*, 2020) y *S. bigelovii* (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2022). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de NaM en variables de respuesta productiva de *S. bigelovii* y su interacción con diferentes niveles de salinidad, para obtener nuevo conocimiento científico potencialmente aplicable para su cultivo hidropónico (Rueda-Puente *et al.*, 2017).

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el campo agrícola experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC (CIBNOR), en una estructura metálica totalmente cubierta con malla antiáfidos de polietileno, modelo 1.610 PME CR, de 16×10 hilos cm^{-2} con un tramado y separación de 0.4×0.8 mm, color cristal, con 18% de sombra. El sitio de estudio se localiza en terrenos costeros de ‘El Comitán’, en la porción meridional de la península de Baja California Sur, a $24^{\circ} 08'$ latitud norte y $110^{\circ} 24'$ longitud oeste, a 7 msnm y 17 km al oeste de la ciudad de La Paz, BCS, México.

Especie evaluada y manejo del cultivo

Se utilizaron plántulas de *S. bigelovii* de 10 cm de altura promedio colectadas en estanques intermareales del CIBNOR aclimatadas por dos semanas en un sistema hidropónico. La unidad experimental se integró con 12 cajas contenedoras de plástico de 73 cm de largo, 42 cm de ancho y 35 cm de altura, tipo Monterrey (Novatec[®], CDMX, MX), con 45 L de capacidad nominal y 35 L de volumen para el medio de cultivo, y 12 charolas de cultivo de polietileno con calibre 1mm, 53 cm de largo x 27 cm de ancho x 5.2 cm de alto con 50 cavidades de 6.3 cm de diámetro superior x 2.4 cm de diámetro inferior x 5.2 cm de altura y 25 ml de volumen por cavidad. Se colocó una pieza de esponja en la parte basal de cada cavidad para soporte al tallo y sostén de cada planta.

Las charolas con 45 plántulas c/u se colocaron en las cajas de plástico con 35 L de agua de mar a diferentes niveles de salinidad (0, 50 y 100%, equivalentes a N-0, N-50 y N-100), adicionada con solución nutritiva (45 plántulas por charola y 135 plántulas en total). Se instaló una cubierta de plástico semi-rígida tipo 'liner' color negro, sujeta externamente a las cajas para sostener las charolas y evitar la incidencia lumínica y crecimiento de musgo y algas filamentosas en el medio líquido, permitiendo el contacto directo de las raíces con la solución nutritiva (Figura 1) con los diferentes tratamientos salinos incluidos en el diseño experimental (Figura 2). Se proporcionó aireación permanente mediante un soplador de alta eficiencia, presión 21 kPa, aspiración -16 kPa y una salida de 130 m³ h⁻¹, 110 volts/220 monofásico (Ring Blower QM machine, RB-750).



Figura 1. *Salicornia bigelovii*, cultivada en sistema hidropónico con diferentes niveles de salinidad (0, 50 y 100%).

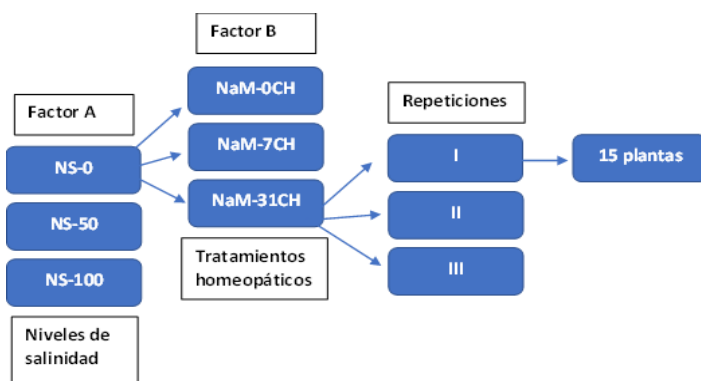


Figura 2. Diseño experimental aplicado.

Tratamientos salinos

Los tratamientos salinos (niveles de salinidad), se prepararon con agua potable y agua de mar tratada con filtro de arena, bolsas filtrantes de 10 y 1 μm , y radiación UV, proporcionada por el Laboratorio Experimental de Homeopatía Acuícola y Semillas Marinas del CIBNOR. El pH se ajustó a 6, añadiendo una solución de HCl o KOH de acuerdo con el ajuste requerido. Se midió la conductividad eléctrica (CE) al agua utilizada para cada tratamiento salino y control, con equipo portátil (Thermo Scientific® modelo: Orion™ Star A222, serie: K12692, USA). Los tratamientos aplicados fueron: NS-0 con agua potable (control), NS-50 adicionando 50% de agua de mar y 50% de agua potable y NS-100 constituido al 100% con agua de mar. Una vez realizadas las mezclas se adicionaron las concentraciones nutrimentales, se midió y se ajustó el pH de 5.5 a 6.5 con una solución de HCl al 5%. En el agua potable de NS-0 se registró una conductividad eléctrica (CE) de 2.13 mS cm^{-1} , en el agua de NS-50, una CE de 26.04 mS cm^{-1} y en el agua de NS-100, una CE de 54.5 mS cm^{-1} .

Tratamientos homeopáticos

Se aplicaron diluciones centesimales Hahnemannianas de *Natrum muriaticum* (7a= NaM-7CH y 31a= NaM-31CH) preparadas en agua destilada a partir de los medicamentos respectivos en dilución alcohólica (NaM-6CH y NaM-30CH de Similia®, Farmacia Homeopática Nacional® CDMX, MX). NaM es formulado a partir de sal de mar con alto contenido de cloruro de sodio y oligoelementos como magnesio biodisponible, cloruro potásico, hierro y calcio, entre otros Mazón-Suástegui *et al.* (2018a). Cada dilución se agitó intensamente dos minutos en equipo vórtex (BenchMixer®, Edison, NJ, USA), aplicando procedimientos de la Farmacopea Homeopática Mexicana (Secretaría de Salud, 2015) y procedimientos desarrollados en CIBNOR (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018a, 2018b, 2019). NaM-7CH, NaM-31CH y NaM-0CH (agua destilada), se aplicaron diariamente de manera foliar (8:00 am) a nivel de rocío, en las plantas de *S. bigelovii* con aproximadamente 100 ml.

Medio de cultivo

El medio de cultivo se preparó a partir de agua de mar 54.5 mS cm^{-1} de CE (NS-100) y agua potable cuya conductividad eléctrica fue de 2.13 mS cm^{-1} correspondiente al tratamiento NS-0. Las combinaciones de agua de mar (50%) con agua potable (50%) conformaron el tratamiento (NS-50) cuya CE fue de 26.04 mS cm^{-1} . Se adicionaron macronutrientes y micronutrientes provenientes de fertilizantes. Para preparar la solución stock núm. 1, se adicionó Fosfonitrato (45 g), ácido fosfórico (58.1 g) y sulfato de potasio (206 g) y se disolvió en 3 L de agua. Para conformar el stock núm. 2, se disolvió en 3 L de agua el nitrato de calcio (680 g), (Calcinit-Yaraliva®) (230 g), nitrato de Mg (Magnisal®) (188 g) y nitrato de potasio (245 g). Para conformar el stock núm. 3 se disolvieron en 1 L de agua, los micronutrientes sulfato de Zn (0.352 g), ácido bórico (H_3BO_3) (1.73 g), sulfato de manganeso (MnSO_4) (1.57 g), sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (14.94 g), Sulfato de cobre penta-hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (0.236 g), molibdato de sodio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (0.205 g) (Schippers, 1980). Para las soluciones nutritivas en los tratamientos salinos, se adicionaron 100 ml del Stock núm. 1, 100 ml del Stock núm. 2 y 35 ml del Stock núm. 3, en 35 L de agua de cada contenedor. La solución nutritiva y los tratamientos salinos se renovaron cada semana y se midió y se ajustó diariamente el pH en un rango de 6 ± 0.5 .

Variables de repuesta evaluadas

Se evaluaron variables de respuesta morfométricas [longitud de parte aérea (LPA) y radicular (LPR), grosor de tallo (GT) y área foliar (AF)] y fisiológicas [potencial hídrico Ψ (PH), contenido relativo de agua (CRA) y clorofilas 'a', 'b' y totales], en plántulas de *S. bigelovii* con 10 cm de longitud (raíz y parte aérea), durante cuatro semanas. LPA y LPR, se midieron con regla graduada (cm), partiendo del cuello radicular GT con vernier digital (mm), AF (cm²) con equipo escáner integrador de área foliar (Li-Cor®, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701), cuidando que las ramificaciones y hojas filamentosas quedaran distribuidas uniformemente y sin sobreposición.

El potencial hídrico se determinó en MPa con un medidor WP4-T® bajo el principio de punto de rocío, mediante sensores con espejo de condensación y temperatura infrarroja y para ello se cortaron trozos de la parte aérea suficientes para cubrir el área del contenedor. CRA se determinó en porcentaje (%), mediante la fórmula: $CRA = (PF-PS)/(PT-PS) \times 100$. El contenido de clorofilas se determinó en mg ml⁻¹ (Arnon, 1949), utilizando un espectrofotómetro UV (marca HACH, modelo DR 3900, serie 1575983).

Análisis estadístico

Derivado del diseño experimental aplicado, completamente al azar, con arreglo factorial (3A x 3B) y tres repeticiones de 15 plantas/tratamiento (total= 135 plantas), se aplicaron como factor A, dos niveles de salinidad (NS-50 y NS-100) y un control con agua potable sin adición de agua de mar (NS-0) y como factor B, se aplicaron NaM-7CH y NaM-31CH y un tratamiento control sin medicamento (NaM-0CH). Los datos resultantes de este diseño se analizaron mediante Anova unidireccional y análisis post hoc de Fisher-LSD de la prueba t de Student $a p < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows® (StatSoft® Inc., 2011).

Resultados y discusión

Longitud de parte aérea (LPA)

El análisis estadístico de factores independientes no reveló diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para NaM, con respecto a LPA, pero con NaM-7CH se obtuvieron valores promedio de LPA 8% mayores a NaM-31CH y 7.6% mayores a NaM-0CH como refiere el Cuadro 1. Abasolo-Pacheco *et al.* (2020a), reportaron mayor altura (38.5%) en plantas de *Brassica napus* L. tratadas con NaM-7CH, con respecto al tratamiento control homeopatía. Abasolo-Pacheco *et al.* (2020b) aplicaron NaM-13CH, cuyo factor de dilución está justo en el límite de avogadro (1×10^{-23}), en plantas de *Cucumis sativus* y registraron valores superiores en biomasa fresca de parte aérea (30.8 g) con respecto a otros medicamentos homeopáticos y un control sin homeopatía (1.2 g). Relativo al factor salinidad, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en LPA, con valores superiores (23.7%) a salinidad intermedia (NS-50), por encima del nivel máximo 100% salino (NS-100) y 13% superiores a NS-0 (Cuadro 2).

Cuadro 1. Efecto de dinamizaciones homeopáticas de *Natrum muriaticum* en las variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en plantas de *Salicornia bigelovii* cultivadas en hidroponía.

NaM	LPA (cm)	LPR (cm)	GT (mm)	AF (cm ²)	PH (MPa)	CRA (%)	Clorofila (mg ml ⁻¹)		
							'a'	'b'	Total
NaM-0CH	9.37 a	13 b	3.98 a	6.96 a	-5.87 a	87.05 a	5.2 b	2.7 b	8.2 b
NaM-7CH	10.12 a	15.16 a	4.25 a	8.22 a	-5.39 a	82.55 a	10.3 a	4.9 a	15.7 a
NaM-31CH	9.41 a	14.4 ab	4.27 a	6.98 a	-5.38 a	82.55 a	12.9 a	6.2 a	19.8 a

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si (LSD $p \geq 0.05$). NaM= *Natrum muriaticum*; LPA= longitud de parte aérea; LPR= longitud de parte radicular; GT= grosor de tallo; AF= área foliar; PH= potencial hídrico; CRA= contenido relativo de agua; 'a' = clorofila a, 'b'= clorofila b; total= clorofila total.

Cuadro 2. Efecto de los niveles de salinidad en las variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en plantas de *Salicornia bigelovii* cultivadas en un sistema hidropónico.

NS	LPA (cm)	LPR (cm)	GT (mm)	AF (cm ²)	PH (MPa)	CRA (%)	Clorofila (mg ml ⁻¹)		
							'a'	'b'	Total
0	8.58 b	11.92 b	3.73 b	5.06 b	-6.92 c	67.33 c	9.1 a	4.8 a	14.3 a
50	10.62 a	15.66 a	4.6 a	10.37 a	-5.77 b	97.26 a	10 a	4.8 a	15.3 a
100	9.7 ab	15 a	4.17 ab	6.72 b	-3.94 a	87.56 b	9.4 a	4.2 a	14.1 a

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si (LSD $p \geq 0.05$). NS= niveles de salinidad; LPA= longitud de parte aérea; LPR= longitud de parte radicular; GT= grosor de tallo; AF= área foliar; PH= potencial hídrico; CRA= contenido relativo de agua; 'a' = clorofila a, 'b'= clorofila b; total= clorofila total.

El Anova reveló diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para la interacción de factores; con NS-50/NaM-7CH se registró una LPA 40% superior al control NS-0/NaM-0CH, y demás interacciones (Cuadro 3). A salinidad intermedia (NS-50), se observó un mejor desempeño en LPA independiente o interactivo con NaM. La salinidad es factor determinante en el crecimiento aéreo de *S. bigelovii*.

Cuadro 3. Efecto de la interacción de factores NS/NaM sobre variables de respuesta morfo fisiológica, en plantas de *Salicornia bigelovii* cultivadas en un sistema hidropónico.

NS	NaM	LPA (cm)	LPR (cm)	GT (mm)	AF (cm ²)	PH (MPa)	CRA (%)	Clorofila (mg ml ⁻¹)		
								'a'	'b'	Total
0	0CH	8.12 c	11.25 c	3.61 c	4.75 c	-7.4 e	67.59 c	2.5 d	1.8 ef	4.5 e
50	0CH	10.5 ab	13.25 bc	4.39 abc	9.9 ab	-4.6 ab	100 a	1.7 d	0.8 f	2.5 e
100	0CH	9.5 abc	14.5 abc	3.93 bc	6.22 bc	-5.59 bc	90.54 ab	11.4 b	5.4 bc	17.5 bc
0	7CH	8.87 bc	12.25 c	3.9 bc	4.56 c	-7.24 de	67.45 c	5.9 d	3.4 cde	9.7 cde
50	7CH	11.37 a	17 a	4.5 ab	12.34 a	-3.58 a	88.25 ab	14 ab	6.5 b	21.2 ab
100	7CH	10.12 abc	16.25 ab	4.35 abc	7.75 bc	-5.35 bc	91.96 ab	10.9 bc	4.7 bcd	16.2 bcd
0	31CH	8.75 bc	12.25 c	3.69 bc	5.88 bc	-6.13 cd	66.95 c	18.8 a	19 a	28.7 a
50	31CH	10 abc	16.75 a	4.89 a	8.88 abc	-3.63 a	100 a	14.2 ab	7 ab	22 ab
100	31CH	9.5 abc	14.25 abc	4.23 abc	6.2 bc	-6.39 cde	80.17 bc	5.8 cd	2.5 def	8.6 de

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si (LSD $p \geq 0.05$). NS= niveles de salinidad; NaM= *Natrum muriaticum*; LPA= longitud de parte aérea; LPR= longitud de parte radicular; GT= grosor de tallo; AF= área foliar; PH= potencial hídrico; CRA= contenido relativo de agua; 'a'= clorofila a, 'b'= clorofila b; total= clorofila total.

Ayala y O'Leary (1995) demostraron que mayor concentración (600 mM) de sales provoca menor crecimiento en LPR de *S. bigelovii*, lo que sugiere un mejor desempeño a 25 a 30 mS cm⁻¹ (≈ 50% agua potable y 50% de agua de mar), salinidad que ha propiciado mayor LPA. Esto confirma *S. bigelovii*, tiene un mejor desempeño en salinidad intermedia (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2022).

Longitud de parte radicular (LPR)

El análisis estadístico con factores independientes reveló diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en LPR. Con NaM-7CH de obtuvo LPR 10.3% mayor respecto a NaM-31CH y 16.6% con respecto a NaM-0CH refiere el Cuadro 1. Esto coincide con Mazón-Suástegui *et al.* (2020), quienes reportaron una LPR superior en *S. bigelovii* con NaM-7CH y con Rodríguez-Álvarez *et al.* (2020) para chile chiltepin (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en sistema hidropónico, ya que LPR fue 29.6% mayor al aplicar NaM-13CH, con respecto a control sin homeopatía. Para el factor salinidad independiente se observó diferencia significativa (LSD $p \geq 0.05$) para LPR, siendo 31.3% superior con NS-50 *versus* NS-0 (Cuadro 2). Para la interacción NS-50/NaM-7CH, se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en LPR, siendo 51.1% mayor *versus* la interacción control NS-0/NaM-0CH (Cuadro 3).

Grosor de tallo (GT)

El Anova de factores independientes no reflejó diferencias significativas entre tratamientos para GT, pero sí los valores mayores con NaM-31CH (7.2%) respecto a NaM-0CH y 0.5% superiores a NaM-7CH (Cuadro 1). Este es un dato interesante, ya que la homeopatía no actúa solo mediante moléculas y nanopartículas químicamente presentes, sino en complejos procesos físicos y electromagnéticos que mantienen su actividad incluso en ultra-diluciones más allá del límite que establece la teoría de Avogadro (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020). Estos autores registraron un incremento significativo en la germinación y desarrollo inicial de *S. bigelovii* con NaM-7CH con respecto al tratamientos control (agua destilada), con la mayor respuesta en germinación (hasta 44%), y longitud de tallo y de radícula, 35% por encima del control. Esto confirma los efectos positivos de la medicación homeopática en plantas (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019; 2020).

Abasolo-Pacheco *et al.* (2020b), reportan el mayor diámetro de tallo (5 mm) para plantas de *Cucumis sativus* L. tratadas con NaM-7CH, *versus* *Silicea terra* (SiT-7CH) (4.64 mm). En nuestro bioensayo registramos diferencias en GT ($p \geq 0.05$) al aplicar NS-50, con valores superiores (23%) a los obtenidos con NS-0 y 13% superiores a los obtenidos con NS-100 (Cuadro 2).

Relativo a la interacción de tratamientos salinos/homeopáticos y GT, se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con NS-50/NaM-31CH, respecto a las demás interacciones, siendo superior (35.4%) el valor registrado con NS-0/ NaM-0CH (Cuadro 3). Valores similares fueron reportados por Rodríguez-Álvarez *et al.* (2022) en plantas tratadas con agua de mar al 50% (AM-50= 26 mS cm⁻¹) y el tratamiento homeopático NaM (AM-50/NaM-7CH) con valores hasta 44% superiores con respecto a plantas irrigadas con agua potable e incluso con 100% de agua de mar (AM-100).

Área foliar (AF)

No se observó diferencia significativa ente las plantas tratadas con NaM, pero sí los valores mayores (18.1%) con NaM-7CH *versus* NaM-0CH (Cuadro 1). Esto coincide con lo reportado por Mazón-Suástegui *et al.* (2020) sobre el crecimiento inicial de *S. bigelovii*, ya que la producción de

biomasa fue mayor (0.23 g) al aplicar NaM-7CH. Para salinidad, se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en AF con NS-50, siendo 104% mayor al control NS-0 (Cuadro 2). Esto confirma que una salinidad intermedia es adecuada para *S. bigelovii* (Ayala y O’Leary, 1995; Flowers y Colmer (2008). Así se reporta para *Salicornia dolichostachya* (Katschnig *et al.*, 2013) en plantas sometidas a 300 mM de cloruro de sodio (NaCl). Se obtuvieron valores 159.7% mayores de AF con NS-50/NaM-7CH *versus* NS-0/NaM-0CH (Cuadro 3), coincidiendo con Rodríguez-Álvarez *et al.* (2022), quienes registraron los valores mayores de ‘cobertura vegetal’ con NaM-7CH y NaM-13CH en plantas irrigadas con 50% de agua de mar.

Potencial hídrico (PH)

No se observaron diferencias significativas al aplicar NaM en *S. bigelovii* lo muestra el Cuadro 1. Los valores del PH son siempre negativos; se considera que una masa de agua pura tiene un potencial hídrico de cero siendo ese su valor máximo. De existir concentraciones altas de solutos en el tejido u órganos de la planta, los valores serán negativos y a mayor concentración, serán más alejados del valor cero. Los valores del PH más cercanos a cero, se obtuvieron ($p \geq 0.05$) con agua de mar al 100% (NS-100) *versus* agua dulce (NS-0), con una diferencia entre ambas, de 56.9% (Cuadro 2). Los valores promedio más favorables correspondieron a la salinidad de 54.3 mS cm⁻¹, lo que indica mayor conservación de agua en los tejidos de *S. bigelovii* cultivada en agua de mar *versus* en agua dulce y sugiere que el cultivo en agua dulce pareciera ser difícil o inviable. Relativo a las interacciones, se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre NS-50/NaM-7CH y NS-50/NaM-31CH, *versus* las demás interacciones, obteniendo con NS-50/NaM-7CH los valores más favorables de PH y los menos favorables ($p \geq 0.05$) con NS-0/NaM-0CH (Cuadro 3). Con NaM-7CH se registraron valores más cercanos al cero, lo cual sugiere que hubo mayor ‘libertad de movimiento’ del agua *versus* que al aplicar NaM-0CH.

Contenido relativo de agua (CRA)

Se registró diferencia significativa (LSD $p \geq 0.05$) en plantas tratadas con NS-50, con CRA 4.45% mayor al obtenido con NS-0 (Cuadro 2). Esto que indica que a salinidad intermedia se obtiene mayor turgencia y contenido de agua en tejidos, lo que podría asociarse a una mejor condición organoléptica de *S. bigelovii* para consumo humano. En contraparte, en una especie no-halófito como el chile chiltepin (*Capsicum annum var glabriusculum*) cultivado en un sistema hidropónico adicionado con 200 mM de NaCl (CE de 19.5 mS cm⁻¹), se registró una disminución de 31.2% en CRA, con respecto al tratamiento control (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2020).

De acuerdo con estos autores (as), las plantas de chiltepin presentaron pérdida de turgencia y marchitez de la parte aérea, debido a que sus mecanismos fisiológicos que le permiten tolerar ciertos niveles de salinidad, como sucede para *S. bigelovii*. La doble interacción de tratamientos salinos y homeopáticos mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos interactivos NS-50/NaM-0CH y NS-50/NaM-31CH, ambos con los mayores valores promedio de CRA (hasta 47.95%), comparados con *S. bigelovii* cultivada con NaM-0CH/NS-0, sin adición de agua de mar ni medicación homeopática (Cuadro 3).

Clorofila 'a'

Las plantas de *S. bigelovii* tratadas con NaM-7CH y NaM-31CH, presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con valores mayores (148 y 98%, respectivamente) en su contenido de clorofila 'a', *versus* las del tratamiento control sin homeopatía NaM-0CH (Cuadro 1). Con relación a la doble interacción de factores salinidad/homeopatía, se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en clorofila 'a' para NS-0/NaM-31CH, con un contenido mayor (hasta 652%), con respecto al control NS-0/NaM-0CH (Cuadro 3). Estos resultados difieren a los de Rodríguez-Álvarez *et al.* (2022), quienes para la misma especie mencionan que la concentración de clorofila 'a' fue mayor al aplicar NaM-7CH, con la salvedad de que las plantas fueron irrigadas con 25% de agua de mar.

Clorofila 'b'

En plantas tratadas con NaM-7CH y NaM-31CH se registraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el contenido de clorofila 'b', con valores 81.4% y 129.6% superiores respectivamente, al de las plantas tratadas con NaM-0CH. Algo interesante y destacable es que los valores promedio mayores (48.1%) correspondieron a las plantas tratadas con NaM-31CH (Cuadro 1). Esto confirma que altas diluciones homeopáticas pueden inducir respuestas biológicas específicas y medibles en modelo vegetal y que estos tratamientos no tienen *per se*, un simple efecto de sugestión, como podría atribuirse a su aplicación en seres humanos (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018b, 2019).

Estos resultados coinciden con los reportados para esta misma especie por Rodríguez-Álvarez *et al.* (2022), quienes afirman que la concentración de clorofila 'b' fue mayor en plantas tratadas con NaM-7CH, irrigadas con agua de mar y cultivadas en macetas con sustrato en diferentes periodos del cultivo. Referente a la doble interacción de los tratamientos salinos y homeopáticos y al contenido de clorofila 'b' como variable de respuesta, las plantas de *S. bigelovii* tratadas con NS-0/NaM-31CH, presentaron el mejor resultado, con una diferencia significativa de hasta 225%, con relación al tratamiento interactivo control NS-0/NaM-0, sin adición de agua de mar ni medicación homeopática (Cuadro 3).

Clorofila total

Se registraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en las plantas de *S. bigelovii* tratadas con NaM-7CH y NaM-31CH, con respecto a las del NaM-0CH que no recibieron medicación homeopática. Ambas dinamizaciones homeopáticas de NaM estimularon la producción de clorofila total y en consecuencia, su concentración en las hojas (94.4% y 191.4% respectivamente), fue mayor con respecto a las plantas del tratamiento control lo demuestra en el Cuadro 1.

Esta respuesta podría atribuirse al contenido del oligoelemento magnesio (Mg) presente en *Natrum muriaticum* a nivel traza, esencial para la conformación de las moléculas de clorofila e indispensable en el proceso fotosintético que es posible mediante el aporte de energía luminosa y nutricional, lo cual se ve reflejado en mauor producción de biomasa vegetal (Xiao-Xin *et al.*, 2014). Con referencia al factor salinidad, no se observaron en lo general diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el contenido de clorofila total (Cuadro 2). Sin embargo, los resultados obtenidos con NS-0/NaM-31CH mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) de 537.7% con respecto a NS-0/ NaM-0CH sin adición de agua de mar, ni medicación homeopática (Cuadro 3).

Conclusiones

En plantas de *Salicornia bigelovii* cultivadas en hidroponía y tratadas con el medicamento homeopático desarrollado a partir de sal de mar *Natrum muriaticum* (Similia®) se registraron valores superiores en LPR al aplicar NaM-7CH y en clorofila 'a', clorofila 'b' y clorofila total con NaM-31CH. Con el tratamiento salino intermedio NS-50 con 50% de agua de mar se obtuvieron los valores mayores para LPA, LPR, GT, AF, CRA, clorofilas 'a', 'b' y totales. La interacción NS-50/NaM-7CH reflejó el mayor beneficio en parámetros morfológicos (LPA, LPR, AF y PH). La interacción NS-50/NaM-31CH tuvo un efecto favorable en GT, CRA, contenido de clorofilas 'a' y 'b' y totales. *Salicornia bigelovii*, aun siendo una halófito facultativa, crece mejor en un medio salino intermedio ($CE \approx 26 \text{ mS cm}^{-1}$). Estos resultados sugieren que NaM, un medicamento homeopático autorizado para uso humano por la Secretaría de Salud de México es un compuesto bioactivo altamente diluido eco-amigable con potencial aplicabilidad en el cultivo de *S. bigelovii*.

Agradecimientos

Las y los autores agradecen el apoyo del personal técnico del CIBNOR, José Raymundo Ceseña-Nuñez, Pedro Luna-García y Kassandra Rodríguez-Macías.

El estudio fue financiado por CONACYT-F0033: programas nacionales estratégicos de ciencia, tecnología y vinculación con los sectores social, público y privado, proyecto ciencia básica núm. 258282: evaluación experimental de homeopatía y nuevos probióticos en el cultivo de moluscos, crustáceos y peces de interés comercial, bajo la responsabilidad académica de JMMS. JGAT realizó sus prácticas profesionales bajo la dirección de MRA, con beca del citado proyecto 258282.

Literatura citada

- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in (*Beta vulgaris*), Plant Physiol. 24:(1)1-5.
- Abasolo-Pacheco, F.; Ojeda-Silvera, C. M.; Cervantes-Molina, J. E.; Moran- Villacreses, M.; Vera Avilés, D.; Ganchozo Mendoza, E. y Mazón Suástegui, J. M. 2020a. Respuesta agronómica del nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Terra Latinoam. 38(1):67-82. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.667>.
- Abasolo-Pacheco, F.; Ojeda-Silvera, C. M.; García-Gallirgos, V.; Melgar-Valdes, C.; Nuñez-Cerezo, K. y Mazón-Suástegui, J. M. 2020b. Efecto de medicamentos homeopáticos durante la etapa inicial y desarrollo vegetativo de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Terra Latinoam. 38(1): 53-68. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.666>.
- Ayala, F. and O'Leary, J.W. 1995. Growth and physiology of (*Salicornia bigelovii* Torr.), at suboptimal salinity. Unites State of America. Inter. J. Plant Scie. 156(2):197-205.
- Flowers, T. J. and Colmer, T. D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 179:945-963. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>.
- García-Bernal, M.; Ojeda-Silvera, C. M.; Batista-Sánchez, D.; Abasolo-Pacheco, F. y Mazón-Suástegui, J. M. 2020. Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Terra Latinoam. 38(1):25-35. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.583>.

- Garza-Torres, R.; Troyo-Diéguez, E.; Nieto-Garibay, A.; Lucero-Vega, G.; Magallón-Barajas, F. J.; García, Galindo, E.; Fimbres-Acedo, Y. and Murillo-Amador, B. 2020. Environmental and management considerations for adopting the halophyte (*Salicornia bigelovii* Torr.) as a sustainable seawater-irrigated crop. Switzerland. Sustainability. 12(2):1-14. <https://doi.org/10.3390/su12020707>.
- Katschnig, D.; Rozema, J. and Rob, B. 2013. Salt tolerance in the halophyte (*Salicornia dolichostachya* Moss): Growth, morphology and physiology. Environ. Exp. Bot. 1(92):32-42.
- López-Carvalho, J. A.; Mazón-Suástegui, J. M.; Arcos-Ortega, G. F.; Hernández-Oñate, M. A.; Tovar-Ramírez, D.; Abasolo-Pacheco, F. and García-Bernal, M. 2021. Highly diluted bioactive compounds in marine aquaculture: a potential alternative for sustainable production. Running title: HDDB and sustainable aquaculture. Reviews in Aquaculture. 00(0):1-24. Doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12644>.
- Meneses-Moreno, N. 2017. Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. Rev. Médica de Homeopatía. 10(1):9-13. <https://doi.org/10.1016/j.homeo.2017.04.004>.
- Mazón-Suástegui, J. M.; Murillo-Amador, B.; Batista-Sánchez, D.; Agüero-Fernández, Y. M.; Milagro-García, B. y Ojeda-Silvera, C. M. 2018a. (*Natrum muriaticum*) como atenuante de la salinidad (NaCl) en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) Nova Scientia. 10(21):120-136. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1423>.
- Mazón-Suástegui, J. M.; Tovar-Ramírez, D.; Salas-Leiva, J. S.; Arcos-Ortega, G. F.; García-Bernal, M.; Avilés- Quevedo, M. A.; López-Carvalho, J. A.; García-Corona, J. L.; Ibarra-García, L. E.; Ortíz-Cornejo, N. L.; Teles, A.; Rosero-García, A.; Abasolo-Pacheco, F.; Campa-Córdova, A. I.; Saucedo-Lastra, P. E.; Barajas-Frías, J. D.; Ormart-Castro, P.; Rodríguez-Jaramillo, M. C.; González-González, R.; Barajas-Ponce, U.; Tordecillas-Guillén, J. L.; Álvarez-Gil, F. A.; Pineda-Mahr, G.; Peiro-López, J. and Robles-Mungaray, M. 2018b. Aquacultural homeopathy: a focus on marine species. In: Diarte-Plata, G. and Escamilla, R. (Eds.), 'aquaculture: plants and invertebrates'. IntechOpen Books. 67-91 pp. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78030>.
- Mazón-Suástegui, J. M.; Ojeda-Silvera, C. M.; García-Bernal, M.; Avilés-Quevedo, M. A.; Abasolo-Pacheco, F.; Batista-Sánchez, D.; Tovar-Ramírez, D.; Arcos-Ortega, F.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Ferrer-Sánchez, Y.; Morelos-Castro, R. M.; Alvarado-Mendoza, A.; Díaz-Díaz, M. and Bonilla-Montalvan, B. 2019. Agricultural homeopathy: a new insight into organic's. In: Moudry, J. (Ed.). multifunctionality and impacts of organic and conventional agriculture. IntechOpen Books. Doi: <http://dx.doi.org/19.5772/intechopen.84482>.
- Mazón-Suástegui, J. M.; Ojeda-Silvera, C. M.; Agüero-Fernández, Y. M.; Batista-Sánchez, D.; Batista-Sánchez, D.; García-Bernal, M. and Abasolo Pacheco, F. 2020. Effect of homeopathic medicines on germination and initial growth of *Salicornia bigelovii* (Torr.). Terra Latinoam. 38(1): 1-12. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.580>.
- Rodríguez-Álvarez, M.; Morales-Roblero, N.; Batista-Sánchez, D. y Mazón-Suástegui, J. M. 2020. *Natrum muriaticum* atenúa el estrés por NaCl en (*Capsicum annuum* L. var *Glabriusculum*). Terra Latinoam. 38(1): 199-218. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.677>.
- Rodríguez-Álvarez, M.; Ledea-Rodríguez, J. L.; Murillo-Amador, B. and Mazón-Suástegui, J. M. 2022. Morphometry and chlorophyll content of *Salicornia bigelovii* (Torr.) under sea water treatments and *Natrum muriaticum* as a saline stress mitigator. Trop. Subtrop. Agroecosys. 25(1):1-11.

- Rueda-Puente, E. O.; Murillo-Amador, B.; Ortega-García J.; Rangel-Preciado, P.; Nieto-Garibay, A.; Holguín-Peña, R. J.; López-Ahumada, G. A.; Rodríguez-Félix, F.; Vargas-López, J. M. y Wong-Corral, F. J. 2017. Desarrollo natural de la halófito *Salicornia bigelovii* (Tor.) en zona costera del Estado de Sonora. Trop. Subtrop. Agroecosys. 20(1):1-9.
- Secretaría de Salud. 2015. Farmacopea homeopática de los Estados Unidos Mexicanos. FEUM-SSA. Biblioteca Nacional de México 615.532-scdd21. ISBN: 978-607-460-509-9.
- Schippers, P. A. 1980. Composition changes in the nutrient solution during the growth of plants in recirculating nutrient culture. Acta Hortic. 98(1):103-117.
- Xiao-Xin, J.; Hu-Yin, C.; Chen-Ying, Y.; Yang, B.; Hua, J. 2014. Effects of low magnesium and arbuscular mycorrhizal fungus on the growth, magnesium distribution and photosynthesis of two citrus cultivars. Scientia Hortic. 303(177):14-20. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.016>.