

# Polimorfismo y letargo en semillas de *Suaeda edulis* (L.) Flores Oliv. & Noguez en condiciones de estrés por NaCl

Polymorphism and lethargy in seeds of *Suaeda edulis* Flores Oliv. & Noguez under NaCl stress conditions

Idael Ruiz-Companioni<sup>1</sup> , Roberto Noguez-Hernández<sup>2</sup> , Alejandro Palacios-Espinosa<sup>1</sup> ,  
Francisco H. Ruiz-Espinoza<sup>1</sup> , Alfredo Beltrán-Morales<sup>1</sup> , Bernardo Murillo-Amador<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Carretera al Sur km 5.5, La Paz, 23080, Baja California Sur, México.

<sup>2</sup>Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, 56230, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, 23096, Baja California Sur, México.

\*Autor para correspondencia: bmurillo04@cibnor.mx

## Fecha de recepción:

21 de abril de 2021

## Fecha de aceptación:

16 de agosto de 2021

## Disponible en línea:

9 de agosto de 2022

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



## Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

## RESUMEN

*Suaeda edulis* (L.) Flores Oliv. & Noguez es una planta halófila con la capacidad de desarrollarse en ambientes hostiles y presentar polimorfismo, es decir, la capacidad de producir semillas con diferentes características. El objetivo de este estudio fue evaluar la expresión del polimorfismo y la latencia en las semillas de *S. edulis*, colectadas en cinco zonas del Centro de México que difieren en la salinidad del suelo. El experimento se realizó en casa tipo invernadero, con una temperatura media dentro de la casa sombra durante el periodo de experimentación de  $21.63 \pm 5.27$  °C, con  $67.55 \pm 16.80\%$  de humedad relativa. Para determinar la capacidad de germinación se utilizó un diseño completamente al azar, cuyos factores en estudio fueron los sitios de colecta (factor 1) con cinco niveles y los tratamientos a las semillas (factor 2) con dos niveles (hidratadas y no hidratadas), para un total de 10 tratamientos con cuatro repeticiones. Se determinaron los tipos de semillas y su capacidad de germinación (número de semillas emergidas por día). Los resultados mostraron que las semillas de *S. edulis* presentan polimorfismo. Se identificaron semillas sin testa, semillas con testa café y semillas con testa negra. La probabilidad de germinación difiere con respecto a los sitios de colecta y tratamientos de semillas hidratadas y no hidratadas. La probabilidad de germinación mayor se logró con las semillas hidratadas del sitio tres, con valor cercano a 70% y con diferencia significativas ( $p < 0.05$ ) respecto a semillas del mismo sitio no hidratadas y respecto a las semillas de los otros sitios. Las semillas presentan letargo, que puede restablecerse al someterlas a periodos de imbibición en agua destilada, lo cual posibilita que recuperen la capacidad de germinar, y permite un porcentaje de germinación mayor. Los resultados demuestran que al hidratar (48 h) las semillas de *S. edulis* se logra una germinación mayor.

## PALABRAS CLAVE

Halófitas, germinación, heteromorfismo, latencia, salinidad.

## ABSTRACT

*Suaeda edulis* (L.) Flores Oliv. & Noguez is a halophytic plant with the ability to develop in hostile environments and present polymorphism, that is, the ability to produce seeds with different characteristics. The objective of this study was to evaluate the expression of polymorphism and dormancy in the seeds of *S. edulis*, collected in five areas of Central Mexico that differ in soil salinity. The experiment was carried out in a greenhouse-type house, with an average temperature

of  $21.63 \pm 5.27$  °C inside the shade house during the experimentation period with  $67.55 \pm 16.80\%$  of relative humidity. To determine the germination capacity, we used a completely randomized design, whose study factors were the collection sites (factor 1) with five levels, and the seed treatments (factor 2) with two levels (hydrated and non-hydrated), for a total of 10 treatments with four replications. With this, we determined the types of seeds and their germination capacity (number of seeds emerged per day). The results showed that the seeds of *S. edulis* present polymorphism. We identified seeds without testa, seeds with brown testa, and seeds with black testa. The probability of germination differs with respect to the collection sites and treatments of hydrated and non-hydrated seeds. The highest germination probability was achieved with hydrated seeds from site three, with a value close to 70% and significant differences ( $p < 0.05$ ) with respect to non-hydrated seeds from the same site and to the seeds from the other sites. The seeds show lethargy that can be restored by subjecting the seeds to periods of soaking in distilled water, which enables them to regain the ability to germinate, by subjecting the seeds to soaking in distilled water for 48 h, achieving a higher percentage of germination. The results show that when hydrating (48 h) the seeds of *S. edulis* a higher germination is achieved.

#### KEYWORDS

Halophytes, germination, heteromorphism, latency, salinity.

## INTRODUCCIÓN

Las halófitas son plantas que tienen la capacidad de completar su ciclo de vida en ambientes muy hostiles, donde las condiciones de humedad, temperatura y salinidad no permiten que otros grupos de plantas puedan desarrollarse de forma adecuada. Las halófitas han desarrollado adaptaciones, como el polimorfismo de sus semillas y la latencia, que les permiten sobrevivir en ambientes donde las glicófitas no pueden; estas características permiten que las etapas más críticas de su vida ocurran cuando las condiciones ambientales sean favorables (Hameed et al. 2013). En tal sentido, el polimorfismo y la latencia de las semillas se consideran las primeras respuestas para hacer posible la germinación, con lo que se logra el éxito en esta etapa, considerada como la más crítica durante su desarrollo (Gul et al. 2012). El heteromorfismo o polimorfismo se considera como la capacidad de una planta de producir semillas con diferente forma, tamaño, estructura y color (Wang et al. 2012).

El éxito en la germinación de un embrión depende de condiciones particulares para cada especie, y en gran medida de las características de sus semillas (Zhang et al. 2015). En plantas halófitas anuales, las semillas pueden ser distintas entre individuos de una misma especie y hasta en una misma planta, y las caracte-

terísticas particulares se presentarán en generaciones nuevas como expresión de genes paternos (Penfield y MacGregor 2017).

Por otro lado, el ambiente también influye en gran medida en la aparición de distintos fenotipos (Gul et al. 2012). Características abióticas como nutrientes, salinidad y temperatura son importantes en el desarrollo de los tipos de semillas que produce una planta (Wang et al. 2012; Springthorpe y Penfield 2015). La salinidad es uno de los factores abióticos que inhiben el desarrollo de las semillas; sin embargo, las halófitas desarrollan formas que les permiten tener éxito en su etapa de germinación, considerada como muy crítica en el ciclo de vida de las plantas, como puede ser la dormancia y el heteromorfismo de sus semillas (Liu et al. 2018; Gul et al. 2012).

La latencia se considera una ventaja en las espermatofitas, al permitir que la germinación ocurra en los momentos en los que las condiciones ambientales son favorables para la subsistencia de la especie (Liu et al. 2018). La latencia se expresa como la demora o retraso en el momento de germinación de la semilla como resistencia a condiciones desfavorables, con una disminución notable en las actividades metabólicas que interrumpe el crecimiento del embrión y por ende de la planta futura. Este fenómeno es una etapa reversible, en el ciclo de vida de los vegetales que la presentan, cuando

las condiciones son favorables, siempre que la semilla conserve su vitalidad y prescindida de los inhibidores (MacGregor et al. 2015). La latencia se manifiesta por características genéticas fijadas de los progenitores, con diferencias intraespecíficas que se expresan en correspondencia al ambiente interno o externo de cada individuo, es decir, puede ser endógena o exógena (Li et al. 2016); la primera es provocada por las características del embrión y la segunda por estructuras que lo rodean como el endospermo, características y composición de la testa, así como de las paredes del fruto.

*Suaeda edulis* (L.) Flores Oliv. & Noguez, "romerito", es una planta halófito anual que habita la región del Centro de México, donde fue semidomesticada y se cultiva para su consumo; sin embargo, se desconocen la calidad y características de sus semillas (Noguez-Hernández et al. 2013). Los productores de esta especie obtienen las semillas de sus cosechas. A su vez, las zonas donde se reporta la presencia de la especie difieren, entre otras características ambientales, en las condiciones de salinidad del suelo, que fluctúa desde valores bajos de conductividad eléctrica de  $0.03 \text{ dSm}^{-1}$  a muy altos de  $278 \text{ dSm}^{-1}$ , lo que sugiere una variación alta de la especie (Noguez-Hernández et al. 2013).

En el contexto regional de la situación de escasez del recurso agua (Cota-Verdugo et al. 2013), cultivar halófitas en sistemas acuapónicos se presenta como una alternativa para la producción de alimento y *S. edulis* puede cultivarse en este sistema productivo como biorremediador del agua o biofiltro, lograr mayor eficiencia en el uso del agua y evitar la salinización de los suelos. En este sentido, esta especie puede ser un modelo para cultivar y mitigar efectos adversos que se presentan en estos sistemas de producción. El objetivo de este estudio fue evaluar la expresión del polimorfismo y la latencia en las semillas de *S. edulis*, colectadas en cinco zonas del Centro de México que difieren en la salinidad del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El estudio se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), ubicado en

Baja California Sur, México ( $24^{\circ} 08' 10.8'' \text{ N}$ ,  $110^{\circ} 25' 40.1'' \text{ O}$ , 7 msnm). El experimento se realizó en una casa de malla cubierta con malla de 1,610 PME CR. La temperatura promedio dentro de la casa sombra durante el periodo de experimentación fue de  $21.63 \pm 5.27^{\circ} \text{ C}$ , con  $67.55 \pm 16.80 \%$  de humedad relativa. La precipitación total fue de 20.05 mm, con una máxima de 5.59 mm. Los datos de las variables climatológicas que se registraron durante el estudio se obtuvieron de una estación climatológica portátil Vantage Pro2® (Davis Instruments, Hayward, California, Estados Unidos de Norteamérica) colocada al interior de la casa de malla tipo invernadero.

### Material genético

Las semillas de *S. edulis* se obtuvieron de su hábitat natural a partir de plantas maduras que se colectaron en septiembre de 2019, en cinco sitios del Centro de México, área de distribución de la especie (Noguez-Hernández et al. 2013). De cada sitio de colecta, se tomaron tres muestras de suelo, a las cuales se les determinó pH y conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ). Los análisis de las muestras se llevaron a cabo en el laboratorio central del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. El pH se determinó mediante la relación suelo:agua 2:1, utilizando un potenciómetro (Hanna® Modelo HI2002, Hanna Instruments, Smithfield, Rhode Island, Estados Unidos de Norteamérica). La conductividad eléctrica se determinó mediante puente de conductividad eléctrica en suspensión, muestra agua 1:2. Los sitios de colecta, su localización geográfica, los valores de pH y conductividad eléctrica se muestran en el cuadro 1.

### Características de las semillas

Las semillas se limpiaron para eliminar restos de plantas y se seleccionaron por tamaño, utilizando tamices con haz de luz de 0.5 mm a 0.8 mm. Las semillas con tamaño mayor a 0.8 mm se seleccionaron con el uso de una lupa y después se observaron en un estereoscopio (Stemi 305 Carl Zeiss®, White Plains, New York, Estados Unidos de Norteamérica) para definir sus características y determinar con precisión las diferencias entre ellas. Las semillas de cada sitio

**Cuadro 1. Localización geográfica, pH y conductividad eléctrica del suelo de los sitios de colecta de semillas de *S. edulis* en México.**

Sitios de colecta	Localización geográfica	pH	Conductividad eléctrica (dSm <sup>-1</sup> )
1) Cráter Rincón de Parangueo, Guanajuato	20° 25' 50.79" N, 101° 14' 56.69" O	10.20	1.65
2) Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México	19° 27' 38.23" N, 98° 54' 22.07" O	11.04	27.00
3) Mixquic, Ciudad de México	19° 13' 32.07" N, 98° 57' 52.52" O	8.00	6.60
4) Cráter La Alberca, Valle de Santiago, Guanajuato	20° 23' 22.27" N, 101° 12' 4.13" O	9.79	278.00
5) Lago Cuitzeo, Cuitzeo del Porvenir, Michoacán	19° 57' 3.50" N, 101° 7' 38.07" O	9.83	0.03

de colecta se seleccionaron al azar (10 semillas por sitio) y posteriormente se trasladaron al laboratorio de microscopía electrónica del CIBNOR, para obtener las imágenes correspondientes, utilizando un microscopio de barrido (Scanning Electron Microscope model Hitachi®, S-3000N, Chiyoda, Tokyo, Japón), las cuales permitieron definir la forma y las características de las testas que las diferencian.

Una vez que en el microscopio se determinaron los tipos de semillas por sitio (semillas sin testa, testa de color café y testa de color negro), se tomaron cuatro muestras de 4 g de semillas de cada sitio para determinar la cantidad de cada tipo por cada sitio.

### Estudio de germinación

El proceso de germinación se efectuó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores en estudio fueron: sitios de colecta (factor 1) con cinco niveles, 1) Cráter Rincón de Parangueo, Guanajuato; 2) Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México; 3) Mixquic, Ciudad de México; 4) Cráter La Alberca, Valle de Santiago, Guanajuato; 5) Orillas de Lago Cuitzeo, Cuitzeo del Porvenir, Michoacán, e hidratación de las semillas (factor 2, con dos niveles) (hidratadas y sin hidratar). Se generaron 10 tratamientos (5×2= 10) con cuatro repeticiones para un total de 40 unidades experimentales (5×2×4= 40).

De cada sitio de colecta, se seleccionaron 400 semillas, de las cuales, 200 se colocaron en agua

destilada por 48 h (semillas hidratadas) y otras 200 semillas sin tratamiento de agua (semillas sin hidratar). Las semillas se desinfectaron con cloro comercial a 5% (v:v) durante 10 min para posteriormente enjuagar con agua destilada. Las semillas se sembraron en charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades, utilizando turba natural (Peat-moss®, turba de Sphagnum de Canadá, Rivière-Ouelle, Québec, Canadá). Para mantener la humedad y lograr una germinación homogénea, se aplicaron riegos diarios hasta lograr la saturación del sustrato. El agua utilizada para el riego presentó una conductividad eléctrica promedio de 0.04 dS m<sup>-1</sup>. Las semillas germinadas se contabilizaron durante 15 días, considerando una semilla germinada cuando la radícula presentó alrededor de 2 mm de longitud.

### Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante una regresión logística binaria para determinar la respuesta a la germinación, con dos estimadores categóricos (sí germinó, no germinó), el sitio de colecta con cinco niveles (Cráter rincón de Parangueo, Guanajuato; Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México; Mixquic, Ciudad de México; Cráter la Alberca, Valle de Santiago, Guanajuato; Orillas Lago Cuitzeo, Cuitzeo del Porvenir, Michoacán) y el tratamiento a las semillas (hidratadas y sin hidratar). El modelo de regresión utilizado fue el siguiente:

$$P(\text{si}) = \frac{\exp(Y')}{(1 + \exp(Y'))}$$

Donde:

$P(\text{si})$  es la probabilidad de que la semilla si germine.

Para el caso del efecto del sitio sobre la probabilidad de germinación, el valor de  $Y'$  fue:

$$Y' = \beta_0 + \beta_1(\text{sitio 1}) + \beta_2(\text{sitio 2}) + \beta_3(\text{sitio 3}) + \beta_4(\text{sitio 4}) + \beta_5(\text{sitio 5})$$

Los parámetros del modelo estimados fueron:

$$\beta_0 = -0.944; \beta_1 = 0.0; \beta_2 = -0.522; \beta_3 = 0.914; \beta_4 = -0.892 \text{ y } \beta_5 = 0.037$$

Para el caso del efecto del tratamiento sobre la probabilidad de germinación, el valor de  $Y'$  fue:

$$Y' = \beta_0 + \beta_1(\text{tratamiento no hidratadas}) + \beta_2(\text{tratamiento hidratadas})$$

Los parámetros del modelo estimados fueron:

$$\beta_0 = -1.8575; \beta_1 = 0.0; \beta_2 = 1.594$$

Para el efecto de la interacción sitio-tratamiento, el valor de  $Y'$  fue:

$$Y' = \beta_0 + \beta_1(\text{sitio 1}) + \beta_2(\text{sitio 2}) + \beta_3(\text{sitio 3}) + \beta_4(\text{sitio 4}) + \beta_5(\text{sitio 5}) + \beta_6(\text{tratamiento no hidratadas}) + \beta_7(\text{tratamiento hidratadas})$$

Los parámetros del modelo estimados fueron:

$$\beta_0 = -1.686; \beta_1 = 0.0; \beta_2 = -0.925; \beta_3 = 0.752; \beta_4 = -1.328; \beta_5 = -0.295; \beta_6 = 0.0; \beta_7 = 1.795$$

El estimador de cada beta inicial ( $\beta_1$  o  $\beta_6$ ) para los niveles de cada factor se asume como cero, pues se establecen comparaciones en relación con el primer nivel de cada factor.

La probabilidad de germinación de las semillas se estimó por sitios, sin tener en cuenta los tratamientos, y la probabilidad por tratamiento, sin considerar los sitios. Las curvas de calibración se estimaron por sitio y día sin tener en cuenta los tratamientos, y de igual manera las de ambos tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias en el número de semillas por tipo y por sitio, así como comparación de medias (Tukey HSD,  $p = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de las semillas

Los resultados de la observación de las semillas de *S. edulis* al microscopio electrónico de barrido mostraron que éstas presentan polimorfismo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Wang et al. (2012), quienes afirman que las condiciones de salinidad diferentes provocan que las halófitas desarrollen dimorfismo o polimorfismo en sus semillas. Por su parte, Noguez-Hernández et al. (2013) describen que *S. edulis* presenta semillas con testa de color café y color negro; sin embargo, en este estudio se encontró polimorfismo, con tres tipos de semillas; el primer tipo consiste en semillas sin testa (menos de 20% de las semillas), el segundo con testa de color café (entre 20 y 25% de las semillas) y el tercero con testa de color negro (entre 55 y 60% de las semillas) (Figura 1A).

En el presente estudio no se observaron diferencias significativas en el tamaño y la forma de las semillas (Figura 1B).

Las semillas de *S. edulis* no se habían descrito anteriormente, pues el reporte de Noguez-Hernández et al. (2013) sólo describe la especie sin tratar las características de las semillas. Sin embargo, Sánchez-Tizapantzi y Ruiz-Font (2012) reportaron polimorfismo en *S. mexicana* (L.) y se considera esta característica común en el género, confirmado también en estudios de *S. salsa* (L.) por Song y Wang (2015). En el presente estudio se encontraron diferencias en el tipo de semillas por sitio. El número de semillas sin testa y semillas con testa color café fue mayor en el sitio 5 (Lago Cuitzeo, Cuitzeo del Provenir, Michoacán), mientras que el número de semillas con testa negra no presentó diferencias significativas entre sitios; sin embargo, el sitio 4 (Cráter La Alberca, Valle de Santiago, Guanajuato) mostró la cantidad mayor de semillas de este tipo (Figura 1C). Existe la posibilidad de que el tipo de semilla presente relación con la conductividad eléctrica del suelo, toda vez que en el

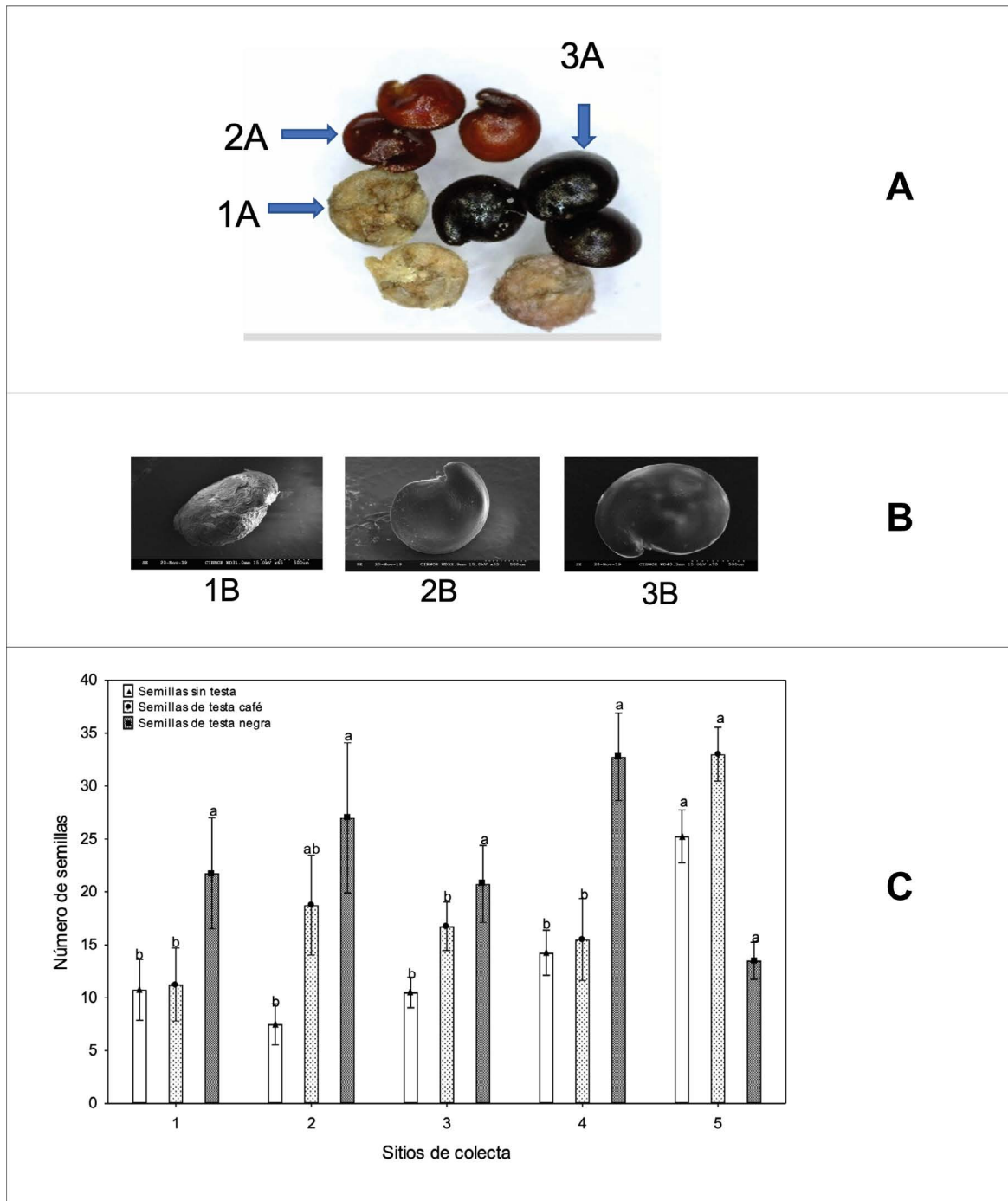


Figura 1. A) Tipos de semillas de *Suaeda edulis* 1) sin testa; 2) con testa café; 3) con testa negra; B) Semillas 1) sin testa; 2) con testa café; 3) con testa negra; C) Número de tipos de semillas por sitio. Barras con misma literal entre sitios no difieren estadísticamente (Tukey HSD  $p=0.5$ ). Las barras representan el valor promedio  $\pm$  error estándar ( $n=4$ ).

sitio 5, el número de semillas sin testa y semillas con testa café fue mayor, y en este sitio la conductividad eléctrica del suelo es la más baja, con  $0.03 \text{ dSm}^{-1}$ , mientras que en el sitio 4 (Cráter La Alberca, Valle de Santiago, Guanajuato), donde la salinidad es muy alta (conductividad eléctrica de  $278 \text{ dSm}^{-1}$ ), el número de semillas con testa negra fue mayor respecto a los sitios con salinidad menor (Cuadro 1). La condición ambiental de desarrollo, como las características físico-químicas del suelo, ocasiona que la planta presente respuestas diferenciadas (Gul et al. 2012).

### Estudio de germinación

La probabilidad de germinación por sitio (sin considerar el tratamiento) mostró que la germinación fue diferente ( $p < 0.05$ ) entre sitios de colecta. Los resultados muestran que las semillas del sitio 3 (Mixquic, Ciudad de México) presentaron la probabilidad de germinación mayor (Figura 2A). Las pruebas de germinación demuestran que las semillas de *S. edulis* exhiben cierto grado de dormancia o latencia, con distintos grados de expresión en correspondencia al tipo de semilla. Las semillas de testa café germinaron antes que las semillas de testa negra. Resultados similares encontraron Wang et al. (2015) en estudios con *S. salsa* y concluyen que las semillas de color café presentan características que favorecen la imbibición, por lo que germinan más rápido. Por su parte, Song et al. (2017) concluyen que una acumulación mayor de cera en las semillas de testa negra, en plantas de este género, es la causa de una hidratación menor y un retardo de la germinación.

La probabilidad de germinación por tratamiento (sin considerar el sitio) mostró que las semillas no hidratadas, presentan una probabilidad de germinación menor a 20% mientras que las hidratadas mostraron una probabilidad de germinación cercana a 50% (Figura 2B). Se presentaron diferencias significativas en la probabilidad de germinación entre los tratamientos, la cual fue mayor en las semillas hidratadas de cada sitio (Figura 2C).

Las curvas de la probabilidad de germinación para semillas hidratadas por sitio y día mostraron que la curva del sitio 3 (Mixquic, Ciudad de México) se separa significativamente de las otras curvas a partir del quinto día y finaliza el día 14 por arriba de 40%,

en relación con la curva de las semillas sin hidratar del mismo sitio, mientras que el resto de las semillas de los otros sitios, no alcanzan este porcentaje (Figura 3A). Las curvas de probabilidad de germinación para las semillas hidratadas mostraron tendencia similar (Figura 3B). En la gráfica de las curvas de probabilidad de germinación de ambos tratamientos por sitio y día (Figura 3C) se observó que las semillas hidratadas del sitio 3 (Mixquic, Ciudad de México) presentaron una probabilidad de germinación mayor de 50% respecto a los demás sitios por tratamiento. En la figura 3C también se observa que la probabilidad de germinación de las semillas, tanto por sitios como por tratamientos, difieren significativamente, sustentando la diversidad de ecotipos que se presentan en una especie como expresión de las variaciones en el hábitat donde se desarrollen, lo cual coincide con los estudios reportados en halófitas por Wang et al. (2012), Li et al. (2016) y Wang et al. (2015).

La latencia encontrada en las semillas de *S. edulis* es temporal y se restablece la germinación al someter las semillas a periodos de imbibición, logrando que éstas recuperen su capacidad de germinar. Lo anterior se probó al someter a imbibición un grupo de semillas por un periodo de 48 h, mismas que previamente se trataron de germinar sin éxito durante 14 días; sin embargo, después de permanecer embebidas en agua destilada, presentaron 30% de germinación. En el estudio reportado por Hameed et al. (2013) con *S. heterophylla* (L.), luego de someter semillas a tratamientos con soluciones salinas y puestas a germinar, el porcentaje de germinación fue muy bajo; no obstante, al someterlas a periodos de imbibición en agua, lograron de 20 a 30% de germinación.

### CONCLUSIONES

Las semillas de *S. edulis* presentan polimorfismo (sin testa, con testa café y con testa negra). El número de semillas sin testa y testa café difiere significativamente entre sitios. La probabilidad de germinación difiere con respecto a sitios de colecta y tratamientos. Las semillas de *S. edulis* presentan letargo que puede restablecerse al someter las semillas a periodos de imbibición en agua destilada, logrando que éstas recuperen su capacidad de germinar.

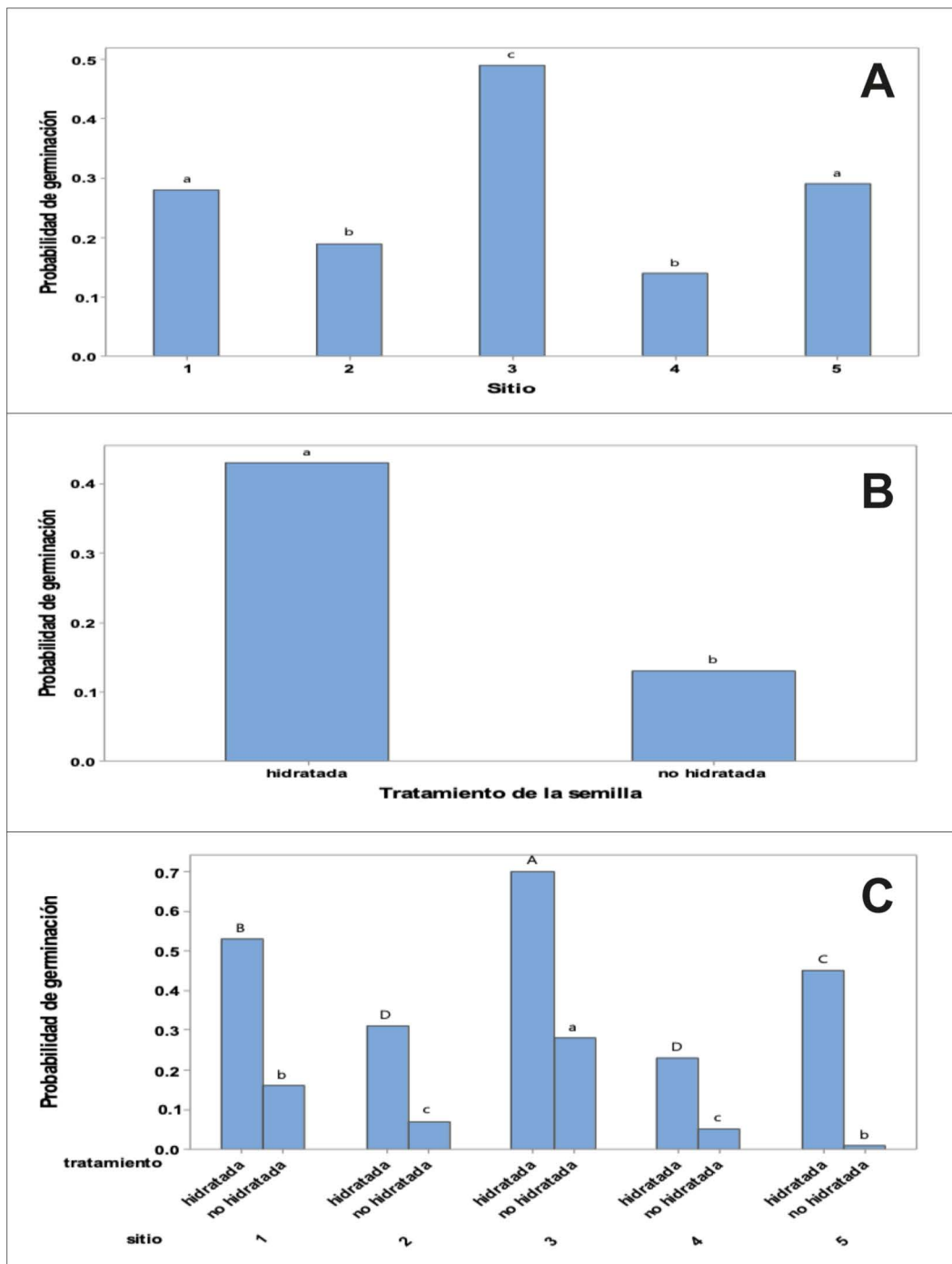


Figura 2. A) Probabilidad de germinación por sitio; B) Probabilidad de germinación por tratamiento; C) Probabilidad de germinación por sitio y tratamiento. Barras con diferente literal indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con el intervalo de confianza a 95%. Las mayúsculas para hidratadas, minúsculas para no hidratadas.



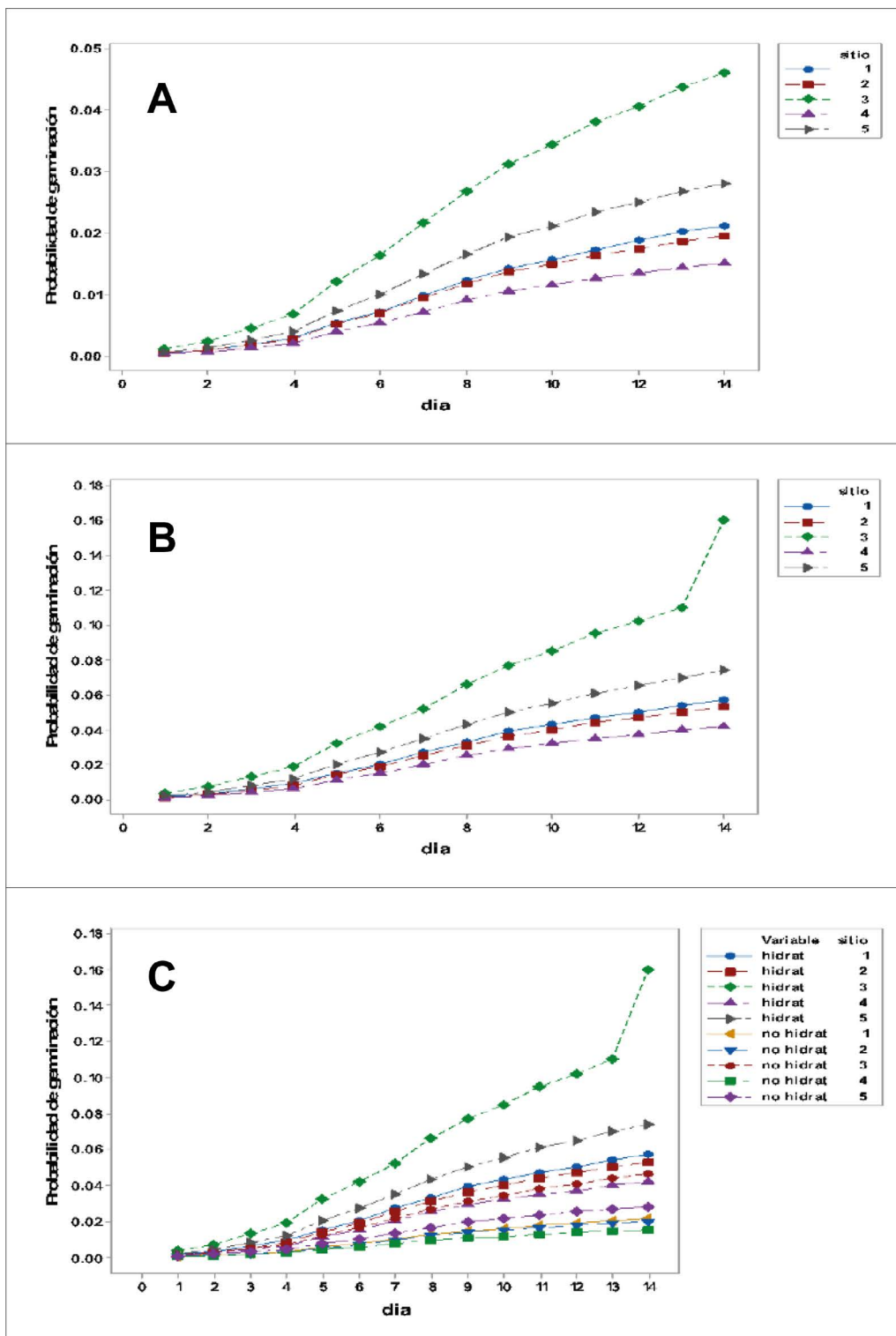


Figura 3. A) Probabilidad de germinación por día en semillas no hidratadas; B) Probabilidad de germinación por día en semillas hidratadas; C) Probabilidad de germinación por día en ambos tratamientos.

## LITERATURA CITADA

- Cota-Verdugo LF, Beltrán-Morales A, Troyo-Diéguez E, García-Hernández JL, Beltrán-Morales LF, Hernández-Trejo VA, Ortega-Rubio A, Navarro Bravo A. 2013. Mercado de derechos de agua para uso agrícola en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 63-75.
- Gul B, Ansari R, Flowers TJ, Khan MA. 2012. Germination strategies of halophyte seed under salinity. *Environmental and Experimental Botany* 92: 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.11.006>
- Hameed A, Ahmed MZ, Gulzar S, Gul B, Alam J, Hegazy AK, Alatar ARA, Khan MA. 2013. Seed germination and recovery responses of *Suaeda heterophylla* to abiotic stresses. *Pakistan Journal of Botany* 45: 1649-1656.
- Li W, Yamaguchi S, Khan MA, An P, Liu X, Tran L-SP. 2016. Roles of gibberellins and abscisic acid in regulating germination of *Suaeda salsa* dimorphic seeds under salt stress. *Frontiers in Plant Science* 6: 1235. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01235>
- Liu R, Wang L, Tanveer M, Song J. 2018. Seed heteromorphism: An important adaptation of halophytes for habitat heterogeneity. *Frontiers in Plant Science* 9: 1515. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01515>
- MacGregor DR, Kendall SL, Florance H, Fedi F, Moore K, Paszkiewicz K, Smirnov N, Penfield S. 2015. Seed production temperature regulation of primary dormancy occurs through control of seed coat phenylpropanoid metabolism. *New Phytologist* 205: 642-652. <https://doi.org/10.1111/nph.13090>
- Noguez-Hernández R, Carballo-Carballo A, Flores-Olvera H. 2013. *Suaeda edulis* (Chenopodiaceae), una nueva especie de lagos salinos del centro de México. *Botanical Sciences* 91: 19-25.
- Penfield S, MacGregor DR. 2017. Effects of environmental variation during seed production on seed dormancy and germination. *Journal of Experimental Botany* 68: 819-825. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw436>
- Sánchez-Tizapantzi G, Ruiz-Font A. 2012. Efecto del NaCl y de los termoperiodos sobre la germinación de semillas de *Suaeda mexicana* (Standl.) Standl (Chenopodiaceae). *Tecnología en Marcha* 25: 58-69.
- Song J, Wang B. 2015. Using euhalophytes to understand salt tolerance and to develop saline agriculture: *Suaeda salsa* as a promising model. *Annals of Botany* 115: 541-553. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu194>
- Song J, Shi W, Liu R, Xu Y, Sui N, Zhou J, Feng G. 2017. The role of the seed coat in adaptation of dimorphic seeds of the euhalophyte *Suaeda salsa* to salinity. *Plant Species Biology* 32: 107-114. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12132>
- Springthorpe V, Penfield S. 2015. Flowering time and seed dormancy control use external coincidence to generate life history strategy. *eLIFE* 4: e05557. <https://doi.org/10.7554/eLife.05557>
- Wang L, Baskin JM, Baskin CC, Cornelissen JHC, Dong M, Huang Z. 2012. Seed dimorphism, nutrients and salinity differentially affect seed traits of the desert halophyte *Suaeda aralocaspica* via multiple maternal effects. *BMC Plant Biology* 12: 170. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-170>
- Wang F, Xu Y-G, Wang S, Shi W, Liu R, Feng G, Song J. 2015. Salinity affects production and salt tolerance of dimorphic seeds of *Suaeda salsa*. *Plant Physiology and Biochemistry* 95: 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.07.005>
- Zhang H, Zhang G, Lü X, Zhou D, Han X. 2015. Salt tolerance during seed germination and early seedling stages of 12 halophytes. *Plant and Soil* 388: 229-241. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2322-3>