



Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre 2025; 7:1-15. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2025.3>
Artículo original. Recibido: 19/12/2024. Aceptado: 23/03/2025. Publicado: 07/04/2025. Clave: e2024-31
<https://www.youtube.com/watch?v=g784WuGDTis>

Germinación *in vitro* de *Ibervillea sonora* (S. Watson) Greene

In vitro germination of *Ibervillea sonora* (S. Watson) Greene



Karla Rodríguez-Briseño^{*1ID}, Diana Mc-Caughey-Espinoza^{**1ID}, Ángela Hayano-Kanashiro^{1ID}, Daniel Morales-Romero^{2ID}, Carmen Ortega-Rosas^{2ID}, Martín Cruz-Campas^{2ID}

¹Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Avenida Luis Donaldo Colosio s/n Edificio 7G, Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, México. ²Universidad Estatal de Sonora, Maestría en Ciencias Ambientales, Av. Ley Federal del Trabajo, 83100, Hermosillo, Sonora, México. *Autor principal: Rodríguez-Briseño Karla. **Autor de correspondencia: Mc Caughey-Espinoza Diana. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Sonora, Avenida Luis Donaldo Colosio s/n Edificio 7G, Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, México. E-mail: karlarodriguez269@gmail.com, diana.mccaughey@unison.mx, angela.hayano@unison.mx, daniel.morales@ues.mx, carmen.ortega@ues.mx, martin.cruz@ues.mx

RESUMEN

El wereque (*Ibervillea sonora*) es una planta tipo enredadera utilizada en la medicina tradicional por sus características antioxidantes, antiproliferativas, antimicrobianas e hipoglucemiantes; el objetivo de la investigación fue determinar la capacidad de germinación *in vitro* de *I. sonora*. El diseño experimental se basó en tratamientos pregerminativos (con y sin escarificación mecánica con dosis de 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mgL⁻¹ de AG³ en medio de cultivo WPM y dos muestras control), los datos fueron analizados con ANDEVA y comparación de medias con Tukey-Kramer (P<0.05). Los resultados mostraron una germinación de 56.67 a 61.67%; obteniendo un 97.29% de plántulas normales con una altura promedio de 50.55 mm y longitud de 53.78 mm de raíz a través de escarificación mecánica, imbibición y adición de AG³; con una sobrevivencia del 75% a los 20 días después del trasplante. El 2.71% pertenece a las plántulas anormales del total de semillas germinadas, y el 38.33% son semillas no germinadas. Por lo tanto, las semillas de *I. sonora* requieren de escarificación mecánica e imbibición, que permitan la germinación. La tasa de germinación fue por debajo del 65% indicando que se deben utilizar tratamientos pregerminativos para su propagación e incremento de dicha especie en su hábitat silvestre.

Palabras clave: ácido giberélico, escarificación, imbibición, propagación, vegetación, wereque.

ABSTRACT

The wereque (*Ibervillea sonora*) is a climbing plant used in traditional medicine for its antioxidant, antiproliferative, antimicrobial and hypoglycemic properties; the objective of the research was to determine the in vitro germination capacity of *I. sonora*. The experimental design was based on pregermination treatments (with and without mechanical scarification with doses of 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 mgL⁻¹ of AG³ in WPM culture medium and two control samples), the data were analyzed with ANOVA and comparison of means with Tukey-Kramer (P<0.05). The results showed a germination of 56.67 to 61.67%; obtaining 97.29% of normal seedlings with an average height of 50.55 mm and root length of 53.78 mm through mechanical scarification, imbibition and addition of AG³; with a survival rate of 75% at 20 days after



transplantation. 2.71% of the total germinated seeds belong to abnormal seedlings, and 38.33% are non-germinated seeds. Therefore, *I. sonorae* seeds require mechanical scarification and imbibition to allow germination. The germination rate was below 65% indicating that pre-germination treatments should be used for propagation and increase of this species in its wild habitat.

Keywords: gibberellic acid, scarification, imbibition, propagation, vegetation, wereque.

INTRODUCCIÓN

La germinación es un proceso fisiológico dentro del cual emergen y se desarrollan a partir de un embrión las estructuras principales para la formación de una planta normal. A través de esta, se permite mayor variabilidad genética y la contribución al mantenimiento de las poblaciones vegetales ([Hernández-Ramírez et al., 2023](#)). La germinación es determinante en el ciclo de vida de las plantas, siendo influenciado por factores ambientales (humedad y temperatura) que permiten la acción de diferentes enzimas, y que, a su vez, desencadenan la producción de hormonas, que serán responsables del desarrollo de las células ([Nabors, 2006](#)). La emergencia de la plántula dependerá de los factores fisiológicos y bioquímicos dentro de la semilla, de la reacción de estos factores a las condiciones ambientales, y del uso de las reservas durante el proceso germinativo ([Morales-Santos et al., 2017](#)).

Después de la germinación, las estructuras esenciales de la plántula indican si el desarrollo será satisfactorio y productivo bajo condiciones favorables. Algunos factores que afectan la germinación son divididos en intrínsecos (características propias de la semilla, como lo es su madurez morfológica y fisiológica, deshidratación de tejidos y el reajuste del equilibrio hormonal o la sensibilidad de los tejidos hacia algunas sustancias activas) y extrínsecos (dependen del ambiente como la humedad, intercambio gaseoso y temperatura) ([Villanueva-Coronado, 2008](#)).

Dentro del Desierto Sonorense se encuentra el wereque (*Ibervillea sonorae*), esta es una planta tipo enredadera y dioica perteneciente a la familia Cucurbitaceae, siendo reconocida por su raíz tuberosa de gran tamaño que sobresale del suelo. Se distribuye desde Texas, Nuevo México y Arizona, hasta Sonora, Sinaloa y Baja California Sur; es utilizada dentro de la medicina tradicional mexicana por sus efectos hipoglucemiantes y componentes fitoquímicos contenidos en la raíz tuberosa para el control de la *diabetes mellitus* II, entre otros padecimientos ([López-Márquez, 2017](#)).

Se han observado que las poblaciones silvestres de *I. sonorae* han disminuido en los últimos años en el lado de México, posiblemente por la extracción total de la planta, los efectos del cambio climático y las actividades antropogénicas. Todo esto afecta en los procesos de propagación sexual de la especie, la acción de los polinizadores, propician el aumento de plagas y enfermedades, y a su vez, disminuyen las áreas naturales de distribución. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la capacidad de germinación *in vitro* de *I. sonorae* para la obtención de plántulas, con la finalidad de describir la metodología biotecnológica que ayude en futuros trabajos a la conservación de la especie.



MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS).

Especie en estudio

Para llevar a cabo esta investigación se emplearon semillas de *I. sonorae* (N= 240), especie que es utilizada en la medicina tradicional por sus efectos contra diversos padecimientos como la *diabetes mellitus* II, reumatismo, afecciones cardiacas, padecimientos en la piel, entre otros (López-Márquez, 2017). La identificación de la especie se llevó a cabo en el herbario de la Universidad de Sonora, con número de catálogo 31331.

Sitio de colecta

La colecta de semilla se llevó a cabo en el Rancho “Las Cruces” ubicado en Hermosillo, Sonora, localizado a los 29°02' 38.78" Norte y los 110°45' 50.91" Oeste, carretera a Sahuaripa, Sonora, México (Km 16), con 268 msnm; según la clasificación climática de Köppen, se presenta un clima con clave BWh, es decir, desértico cálido-árido (Ayala-Moreno, 2016); el sitio presenta la precipitación anual de 330 mm y temperatura promedio de 24 °C, con vegetación predominante de matorral arbosufrutescente, (SAGARPA, 2010). El wereque conforma comunidades vegetales con las especies a su alrededor, como es el caso de *Olneya tesota*, *Stenocereus thurberi*, *Parkinsonia sp.*, *Neltuma sp.*, entre otras (Rodríguez-Briseño & Mc Caughey-Espinoza, 2024).

El suelo presente en el sitio cuenta con calcisol, leptosol y regasol pertenecientes al cuaternario (McCaughey-Espinoza, 2022). Estos tipos de suelos son dominantes en el estado, con el siguiente porcentaje: 27.07% regasol, 24.04% leptosol y 12.95 calcisol (SIVICOFF, 2020).

Colecta de semillas y almacenamiento

Se colectaron frutos maduros de *I. sonorae*, aun adheridos a las plantas, que no presentarán daños por insectos o aves; los frutos se colocaron en bolsas de papel traza previamente marcados y se trasladaron al laboratorio para realizar la extracción y limpieza de semillas (considerando únicamente semillas maduras) sin presencia de daños fisiológicos o fitopatógenos (Figura 1; Mc-Caughey-Espinoza et al., 2020). Para el resguardo y almacenamiento de las semillas, se colocaron en bolsa de plástico tipo Ziploc® (27.3 cm de largo y 26.8 cm de ancho, con cierre deslizante) y se almacenaron a 4 °C, para disminuir el desarrollo de insectos de campo que pudieran infligir un daño (Mc-Caughey-Espinoza et al., 2018).

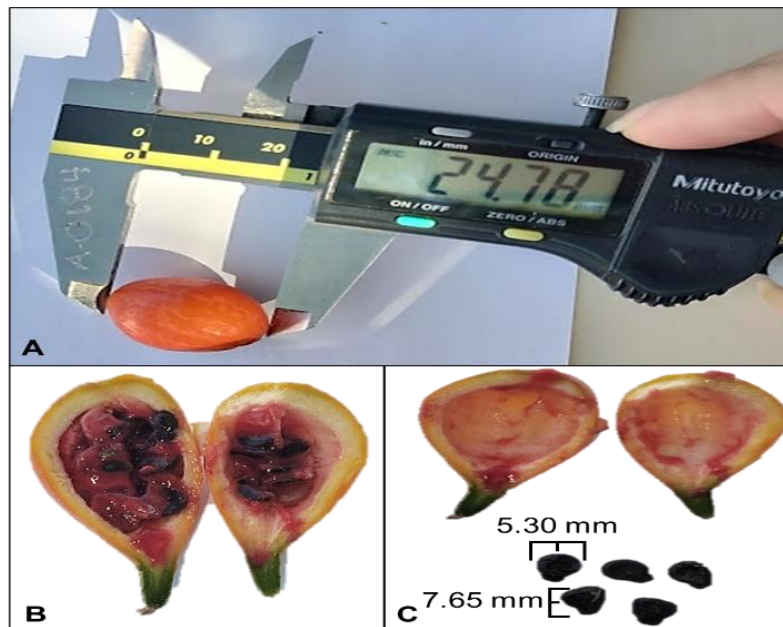


Figura 1. Fruto y semillas de *I. sonorae*. A. Largo del fruto; B. Corte longitudinal del fruto; C. Extracción y tamaño de semillas.

Tratamientos pregerminativos y germinación *in vitro*

Las semillas se sometieron a diferentes tratamientos pregerminativos que se ordenan y describen en la Tabla 1. Uno de ellos fue la escarificación mecánica, la cual se realizó al frotar la semilla con una lija número 120 por menos de 5 segundos, con el fin de debilitar la superficie de la testa.

La mitad de los tratamientos fueron sin escarificación mecánica y la otra mitad con escarificación. Después la mitad de los tratamientos con dos horas de imbibición se les adicionó 0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mgL⁻¹ de AG³ al medio de cultivo WPM (Woody Plant Medium), y sin escarificación mecánica y con adición de 0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mgL⁻¹ de AG³ al medio de cultivo WPM. Los tratamientos controles fueron sin proceso de escarificación ni adición de fitohormona.

Las semillas se colocaron en frascos tipo Gerber con 25 mL de medio de cultivo WPM (3 semillas por frasco, con 4 repeticiones cada tratamiento) (Trigiano & Gray, 2011), añadiendo ácido giberélico (AG³ al 90%) a diferentes a concentraciones de 0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mgL⁻¹. La siembra de las semillas se llevó a cabo en una cámara de flujo laminar (marca EdgeGard modelo EG-6252) previamente esterilizada con alcohol etílico al 96% con la finalidad de minimizar cualquier factor de contaminación. El material vegetativo fue conservado en un cuarto de crecimiento en condiciones controladas: a una temperatura de 25 ± 2°C, con fotoperiodos de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, y a una intensidad lumínica de 30 μmol.m⁻². s⁻¹.



Tabla 1. Tratamientos pregerminativos

Tratamiento	# Tratamiento
Con escarificación mecánica	T1
Con escarificación mecánica /2 h Embebidas /0.0 de AG ³	T2
Con escarificación mecánica /2 h Embebidas /1.0 de AG ³	T3
Con escarificación mecánica /2 h Embebidas /2.0 de AG ³	T4
Con escarificación mecánica /2 h Embebidas /3.00 de AG ³	T5
Con escarificación mecánica /2 h Embebidas /4.00 de AG ³	T6
Con escarificación mecánica /Sin estar embebidas /1.00 de AG ³	T7
Con escarificación mecánica /Sin estar embebidas /2.00 de AG ³	T8
Con escarificación mecánica /Sin estar embebidas /3.00 de AG ³	T9
Con escarificación mecánica /Sin estar embebidas /4.00 de AG ³	T10
Sin escarificación mecánica	T11
Sin escarificación mecánica /2 h Embebidas /0.0 de AG ³	T12
Sin escarificación mecánica /2 h Embebidas /1.0 de AG ³	T13
Sin escarificación mecánica /2 h Embebidas /2.0 de AG ³	T14
Sin escarificación mecánica /2 h Embebidas /3.0 de AG ³	T15
Sin escarificación mecánica /2 h Embebidas /4.0 de AG ³	T16
Sin escarificación mecánica /Sin estar embebidas /1.00 de AG ³	T17
Sin escarificación mecánica /Sin estar embebidas /2.00 de AG ³	T18
Sin escarificación mecánica /Sin estar embebidas /3.00 de AG ³	T19
Sin escarificación mecánica /Sin estar embebidas /4.00 de AG ³	T20

Semillas germinadas (%G) y no germinadas (%SNG)

La evaluación se determinó como lo especifica la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA, 2016), con base a la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de germinación (\%G)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas}} (100)$$

$$\text{Porcentaje de semillas no germinadas (\%SNG)} = \frac{\text{Número de semillas no germinadas}}{\text{Número total de semillas}} (100)$$

Plántulas normales (%PN) y anormales (%PA)

Posterior a la germinación, se determinó si las plántulas presentaban la parte aérea (hojas y tallo) y raíz, y se midieron con apoyo de un vernier (marca Mitutoyo Absolute Modelo CD-6CSX N° de Serie 06401649 de 6") el alto de la plántula y el largo de la raíz (finalizó a los 21 días la evaluación), además del uso de las siguientes fórmulas para determinar los porcentajes:



$$\text{Porcentaje de plantulas normales (\%PN)} = \frac{\text{Número de plantulas normales}}{\text{Número total de semillas germinadas}} (100)$$

$$\text{Porcentaje de plantulas anormales (\%PA)} = \frac{\text{Número de plantulas anormales}}{\text{Número total de semillas germinadas}} (100)$$

Trasplante después de la germinación

En la cámara de flujo laminar se llevó a cabo el trasplante de las plántulas obtenidas utilizando vasos de plástico transparente #10 y como sustrato se utilizó peat moss (sustrato que permite la retención de humedad y ayuda en el crecimiento y desarrollo de las plántulas), una vez ya trasplantadas se pasaron al cuarto de crecimiento en donde se realizaron monitoreos de sobrevivencia dentro del cuarto de crecimiento a condiciones controladas (fotoperiodo de 16 horas de luz; presentando una intensidad luminosa de 30 $\mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ y 8 horas de oscuridad, con temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$).

Análisis estadístico

Se analizaron los datos obtenidos con un diseño completamente aleatorizado, con un arreglo factorial de 18 tratamientos, 3 repeticiones y dos controles. Sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y se realizó una comparación de medias con Tukey-Kramer ($P < 0.05$); utilizando el programa estadístico JMP versión 17.0 ([JMP-Statistical, 2022](#)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de *I. sonorae* inició a los 10 días después de la siembra y finalizó a los 21 días en el medio de cultivo WPM. De acuerdo con los resultados obtenidos, los tratamientos pregerminativos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), en las variables de porcentaje de germinación y porcentaje de plántulas normales (Tabla 2). Las semillas con escarificación mecánica más dos horas de remojo y sin hormonas presentaron mayor porcentaje de germinación (62.33%), e incremento de la humedad absorbida durante el proceso de germinación en el medio de cultivo WPM, mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$) con el resto de los tratamientos. Los tratamientos T1 a T6 (excepto T2), al igual que, T9 y T10 son estadísticamente similares, mostrando una germinación de 57.25 a 61.67%; el tratamiento T7 (56.67%) y T8 (57.25%) son estadísticamente diferentes. Se mostró que los T12 a T16 son similares con una tasa de germinación de 10.67 a 11.00%. Por último, los tratamientos con bajo porcentaje de germinación son los T11 y T17 a T20 donde se obtuvo 0.33 a 1.67%, siendo semillas sin escarificación mecánica y sin estar embebidas, lo que posiblemente no permitió el inicio de la imbibición al no tener una captación directa de agua. De acuerdo con Pérez-Mendoza *et al.* (2016) a través de la imbibición, un mayor número de semillas alcanzan



de forma rápida el mismo nivel de humedad y la activación del metabolismo relacionado con la pre-germinación. Por lo cual, con la imbibición se mejora la calidad fisiológica y uniformiza el porcentaje de germinación.

Tabla 2. Germinación *in vitro* de *Ibervillea sonora*

# T	%G	%PN	%PA	%SNG
T1	60.67 ± 1.53b	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00a	39.33 ± 1.53d
T2	62.33 ± 1.15a	20.33 ± 35.22b	0.00 ± 0.00a	36.33 ± 2.52e
T3	61.67 ± 0.58b	20.33 ± 35.22b	0.33 ± 0.58a	38.00 ± 1.00e
T4	61.33 ± 0.58b	20.00 ± 34.64b	0.33 ± 0.58a	39.00 ± 0.00d
T5	61.00 ± 1.00b	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00a	39.00 ± 1.00d
T6	60.33 ± 1.53b	60.00 ± 2.00a	0.33 ± 0.58a	39.67 ± 1.53d
T7	56.67 ± 0.58d	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00a	43.33 ± 0.58c
T8	57.25 ± 1.26c	14.00 ± 28.00b	0.25 ± 0.50a	42.75 ± 1.26c
T9	58.00 ± 1.41b	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00a	42.00 ± 1.41d
T10	57.67 ± 0.58b	19.00 ± 32.91b	0.33 ± 0.58a	42.33 ± 0.58d
T11	0.33 ± 0.58f	0.33 ± 0.58c	0.00 ± 0.00a	99.67 ± 0.58 ^a
T12	10.67 ± 2.08e	10.67 ± 2.08b	0.00 ± 0.00a	89.33 ± 2.08b
T13	10.67 ± 1.53e	10.33 ± 1.15b	0.33 ± 0.58a	89.33 ± 1.53b
T14	11.00 ± 3.00e	11.00 ± 3.00b	0.00 ± 0.00a	89.00 ± 3.00b
T15	10.67 ± 1.15e	10.33 ± 1.53b	0.33 ± 0.58a	89.33 ± 1.15b
T16	11.00 ± 2.00e	11.00 ± 2.00b	0.00 ± 0.00a	89.00 ± 2.00b
T17	1.67 ± 2.08f	1.67 ± 2.08c	0.00 ± 0.00a	98.33 ± 2.08a
T18	1.00 ± 0.82f	1.00 ± 0.82c	0.00 ± 0.00a	99.00 ± 0.82a
T19	1.50 ± 2.12f	1.50 ± 2.12b	0.00 ± 0.00a	98.50 ± 2.12a
T20	1.33 ± 1.15f	1.33 ± 1.15c	0.00 ± 0.00a	98.67 ± 1.15a

*Literales distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). %G: Porcentaje de germinación, %PN: Porcentaje de plántulas normales, %PA: Porcentaje de plántulas anormales, %SNG: Porcentaje de semillas no germinadas

Los tratamientos que presentaron un porcentaje de germinación alto (56.67 a 61.67%), comparado con el resto (0.33 a 11.00%), se caracterizan por presentar un proceso de escarificación mecánica (creando un área permeable en la semilla) previo a un proceso de imbibición por dos horas en agua desionizada estéril (permite la activación del mecanismo enzimático) y la adición de una sustancia fitohormonal como lo es el ácido giberélico a distinta concentración. Estos resultados concuerdan con lo mencionado con [Portuguez-García et al. \(2020\)](#) con relación al uso de la escarificación, imbibición y aplicación de sustancias metabólicas para iniciar la ruptura de la latencia, y así mismo obtener un índice de germinación homogéneo. Por otro lado, también se destaca que el déficit hídrico, exceso de agua y la velocidad de hidratación, así como, la temperatura afectará la imbibición y la activación metabólica ([Pita-Villamil & Pérez-García, 1998](#)). Al



comparar los resultados obtenidos con respecto a [Mora-Gutiérrez \(1988\)](#), quien evaluó el tiempo de la germinación de *Cucurbita ficifolia*, presentó un rango de 10 a 12 días, y por ende la obtención de plántulas, dichos resultados difieren con los obtenidos en esta investigación con *I. sonorae* que presentó un rango de 10 a 21 días de germinación y crecimiento de plántulas. El rápido proceso de germinación en *C. ficifolia* puede atribuirse a que presenta testa permeable que permitió la rápida imbibición, asociado a la presencia de cotiledones grandes que cuentan con gran cantidad de materiales de reserva, lo cual permite el desarrollo acelerado del sistema radicular y de la parte aérea. Adicionalmente, la diferencia de hábitat en la que se presenta, *C. ficifolia* como planta cultivada (domesticada), es que puede contar con los nutrientes, disponibilidad de humedad y rangos de temperatura idóneos para su crecimiento; al igual que las poblaciones en vida silvestre de esta especie, ya que se localiza en climas templados y cadenas montañosas de México, permitiendo un desarrollo adecuado para la especie debido a las condiciones climáticas y edafológicas de sus sitios de distribución. En comparación con la especie de estudio, *I. sonorae*, que se localiza en ambientes xéricos del norte de México y sur de Estados Unidos, los cuales se caracterizan por rangos de altas temperaturas, largas temporadas de sequía, poca materia orgánica en el suelo y bajo contenido de macro y micronutrientes, lo cual afecta el proceso de desarrollo y propagación de la especie ([López-Márquez, 2017](#)).

Con base a esta investigación, los resultados están asociados a que es una semilla impermeable y que posiblemente no presente una maduración completa, es decir, el embrión no se haya desarrollado y, por lo tanto, no germinara a pesar de tener las condiciones ambientales adecuadas y los materiales de reserva para su desarrollo y crecimiento. Por ende, las condiciones ambientales también pueden afectar a los frutos y las semillas, esto al incrementar la temperatura interna de los frutos elevando los porcentajes de humedad, lo que provoca la pudrición y proliferación de fitopatógenos (hongos) (Figura 2). Según [Rosa \(2001\)](#) enfermedades causadas por *Colleotrichum orbiculare* y *Fusarium sp.* al ingresar en los frutos, limitan la captación de nutrientes en las semillas y afectan la germinación y desarrollo del embrión; al igual que, pueden colonizar por completo al fruto y provocar podredumbre hasta causar la muerte del embrión. Además de que, el porcentaje de germinación es similar con los resultados obtenidos con la prueba de viabilidad de *I. sonorae* (63.33%) realizadas por [Rodríguez-Briseño et al. \(2024\)](#); los valores en la calidad de la semilla y su porcentaje de germinación menor al 65% puede atribuirse al bajo porcentaje de un proceso adecuado de polinización, interfiriendo con el desarrollo completo del embrión, aunado a posibles mutaciones genéticas.

Plántulas normales

Con relación al porcentaje de plántulas normales, el análisis estadístico mostró que, los tratamientos pregerminativos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) mostrando una R^2 de 0.45 (Tabla 2). En T6 se presentó una mayor cantidad de plántulas normales (60.0 %), presentando estadísticamente diferencias con el resto de los tratamientos. Los tratamientos T2 a T4, T8, T10, T12 a T16 y T19 son similares exhibiendo una tasa de 1.50 a 20.33 %; mientras que, los tratamientos T1, T5, T7, T9, T11, T17 a T20 presentaron valores de 0.00 a 1.33 %.



Figura 2. Presencia de hongos en frutos de *I. sonorae*

Por lo tanto, el porcentaje más alto de obtención de plántulas es del 60% en un solo tratamiento, a comparación de los demás que se encuentran entre 1.33 a 20.33%. Estas plántulas normales presentaron una raíz desarrollada con presencia de raíces secundarias (Figura 3) y una parte área bien diferenciada en tallo, hojas y presencia de meristemas de crecimiento (yemas axilares y apicales) (Figura 4). De acuerdo a las características de plántulas normales, se menciona que estas poseen un desarrollo óptimo en sus estructuras esenciales como un sistema radicular con raíz primaria y secundarias, hipocótilo sin daños en el tejido, plúmula en buen crecimiento y hojas bien desarrolladas, además de la presencia de los dos cotiledones (García-López *et al.*, 2016). Por lo tanto, las semillas de *I. sonorae* al ser germinadas en condiciones óptimas y con escarificación mecánica se puede lograr obtener hasta un 60% de plántulas normales, las cuales podrían ser utilizadas para procesos de rehabilitación de comunidades vegetales y para cultivo de tejidos.

Medición de plántulas

Las plántulas obtenidas de los tratamientos con adición de AG³ y sin la adición de fitohormonas no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), conforme el análisis estadístico y mostrando una R^2 de 0.002121 (Tabla 3). Las plántulas normales obtenidas por la germinación de semillas mediante escarificación mecánica, embebidas y adicionadas con la fitohormona presentaron una altura promedio de 50.5 mm y su raíz presentó longitud promedio de 53.7 mm a los 20 días; mientras que las plántulas obtenidas únicamente con escarificación mecánica y embebidas presentaron alturas promedio de 50.4 mm y longitud de raíz de 53.7 mm (Tabla 3). Dichas plántulas fueron colocadas en sustrato peat moss, las cuales presentaron un 75% de sobrevivencia a los 20 días después del trasplante.



Figura 3. Raíz de *I. sonoreae* en medio de cultivo WPM



Figura 4. Parte aérea de *I. sonoreae* en medio de cultivo WPM

Tabla 3. Mediciones en plantas normales

Tratamiento	Altura de Tallo (cm)	Longitud de Raíz (cm)
AG ³	50.555 ± 1.555 ^a	53.78 ± 0.378 ^a
SH	50.409 ± 1.776 ^a	53.757 ± 0.383 ^a

*Literales distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). AG³: Adición de Ácido giberélico en medio de cultivo WPM. SH: Sin adición de fitohormonas en medio de cultivo WPM.

Plántulas anormales

Con base al análisis estadístico en relación con el porcentaje de plántulas anormales, no se observó diferencias significativas ($P < 0.05$) presentando una R^2 de 0.23, mostrando de manera general valores por debajo del 2.71% (Tabla 2).



El desprendimiento total de la testa ocasionó que se obtuviera el porcentaje anteriormente mencionado. Por lo tanto, el 0.16% de las plántulas no lograron desprender en su totalidad la testa, lo que exhibe una falta de humedad que permita la ruptura total, así como una deficiencia de material de reserva, los cuales no permiten un crecimiento óptimo. Además de exponerse características indeseables como la presencia de hojas primarias no desarrolladas que limitarían la captación de energía a través de la fotosíntesis.

Semillas no germinadas

Los tratamientos pregerminativos mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) conforme el análisis estadístico presentando una R^2 de 0.99 (Tabla 2) y un porcentaje total del 38.33%. Los tratamientos T11 y T17 a T20 mostraron una tasa de semillas no germinadas de 98.33 a 99.67% exhibiendo una similitud estadística. En los T12 a T16 presentaron valores de 89.00 a 89.33%. Mientras que, los tratamientos T1, T4 a T6, T9 y T10 son similares con una tasa de 36.33 a 42.33%. Por último, el tratamiento T2 exhibió un porcentaje de 36.33% siendo diferente estadísticamente con el resto de los tratamientos, al utilizar semillas escarificadas y embebidas.

Las semillas no germinadas corresponden a los tratamientos sin escarificación mecánica y sin proceso de imbibición, mostrando que las semillas de *I. sonorae* al presentar una testa impermeable necesita algún tratamiento pregerminativo que permita la captación de agua para comenzar con la activación del metabolismo de la semilla; concordando con lo reportado por Matilla (2008). Donde se menciona que la cubierta seminal al ser dura impedirá la emergencia de estructuras como la radícula, además de interferir o limitar la absorción de agua y el intercambio gaseoso entre el medio y el embrión, así como obstruir la pérdida de compuestos inhibidores de la germinación. También se debe destacar que aunque la semilla se encuentre en condiciones ambientales adecuadas para la germinación, puede que esta no ocurra debido a un estado de dormición presente (latencia), el cual se puede deber por factores como: las cubiertas seminales que sean impermeables al agua u oxígeno, el embrión puede estar inmaduro (dormancia embrionaria) y por último, presentan compuestos inhibitorios que serán transformados o eliminando tras someter a las semillas ante un proceso de post maduración, así como, la ausencia o baja tasa de compuestos promotores de la germinación (Rossetti, 2014).

CONCLUSIONES

En esta investigación se obtuvo que en *I. sonorae* la tasa de germinación se encuentra por debajo del 62 %, a pesar de utilizar tratamientos pregerminativos y el uso de hormonas vegetales (AG^3). Mientras que, la obtención de plántulas normales se presentó en un 97.29 % en semillas escarificadas, embebidas y adicionadas con AG^3 , menos del 2.71 % se caracterizan por ser plántulas anormales. En relación con las semillas no



germinadas, estas presentaron un porcentaje de 38.33 %, característico de los tratamientos sin escarificación mecánica ni imbibición. Por lo tanto, se determina que a pesar del uso de tratamientos de pre-germinación, las semillas de *I. sonorae* no presentaron un incremento en el porcentaje de germinación, como posible consecuencia de las condiciones ambientales en las cuales se encuentra la especie, la pérdida de su calidad conforme el tiempo de almacenamiento, la presencia de una testa impermeable, la posible falta de maduración en las semillas y la acción de fitopatógenos y larvas de insectos que afecten el proceso de germinación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al C. Agustín Hurtado Aguayo por las atenciones brindadas, para la realización de este trabajo en el Rancho Las Cruces, en Hermosillo Sonora, México. Así como a José Gustavo Corral, por el apoyo en la colecta de las semillas; y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

AYALA-MORENO AA. 2017. Ahorro energético en edificaciones con aire acondicionado. *Biotechnia*. 19:19–22. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v19i0.361>

GARCÍA-LÓPEZ JI, Ruíz-Torres NA, Lira-Saldivar, RH, Vera-Reyes I, Méndez-Argüello B. 2016. Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. *Agro nano Tecnología*. 2:129-140.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/Técnicas%20Para%20Evaluar%20Germinación,%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiológica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopartículas.pdf>

HERNÁNDEZ-RAMÍREZ F, Iracheta-Donjuan L, Damon AA, Fernández-Pavía SP, Guillén-Navarro K. 2023. Escoto periodo en la germinación de semillas y crecimiento *in vitro* de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W. E. Higgins (ORCHIDACEAE). *Revista Polibotánica*. 56:151-170. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.8>

ISTA (International Seed Testing Association). 2016. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. 27- Supplement. ISTA. Switzerland. Pp. 333. https://www.merconet.eu/files/Seed_Sampling_I_S_T_A.pdf

JMP-Statistical. 2022. Discovering JMP® 17. Cary, NC: JMP Statistical Discovery LLC. https://www.jmp.com/es_mx/software/data-analysis-software.html



LÓPEZ-MÁRQUEZ N. 2017. Caracterización molecular y respuestas *in vitro* de *Ibervillea sonorae* S. Watson (Greene) (Cucurbitaceae) [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/188b4355-b672-4e3f-afeb-44ccd936c2c4/content>

MATILLA AJ. 2008. Desarrollo y germinación de las semillas. En: Azcón-Bieto J, Talón M. *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Pag 537-558. 2º Ed. McGraw- Hill. España. ISBN: 978-84-481-9293-8.

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

MC-CAUGHEY-ESPINOZA DM. 2022. Micropropagación, establecimiento y desarrollo en campo de cosahui del sur *Krameria erecta* Willd. ex Schult. & Schult f., en el estado de Sonora. Universidad Autónoma de Sinaloa.

<https://investigadores.unison.mx/es/studentTheses/micropropagaci%C3%B3n-establecimiento-y-desarrollo-en-campo-de-cosahui>

MC-CAUGHEY-ESPINOZA DM, Buitimea-Cantúa GV, Buitimea-Cantúa NE, Ayala-Astorga GI, and Ochoa-Meza A. 2020. Physicochemical properties and yield of chiltepin fruits (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* D.) cultivated under different growth conditions. *Idesia (Arica)*. 38(3): 77-86.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300077>

MC-CAUGHEY-ESPINOZA DM, Ayala-Astorga, GI, Burboa-Zazueta MG, Retes-López R, Ochoa-Meza A. 2018. Uso de plantas nativas para la rehabilitación de canteras en Sonora. *Idesia (Arica)*. 36(4): 17-24.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002401>

MORA-GUTIÉRREZ B. 1988. Germinación de *Cucurbita ficifolia* Bauche (Cucurbitaceae). *Revista de Biología Tropical*. 36(2): 393-397.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23820/23978>

MORALES-SANTOS ME, Peña-Valdivia CB, García-Esteva A, Aguilar-Benítez G y Kohashi-Shibata J. 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Revista Agrociencia*. 51:43-62. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n1/1405-3195-agro-51-01-00043.pdf>



NABOR MW. 2006. *Introducción a la Botánica*. Pearson Addison Wesley. Madrid, España. ISBN 13: 978-84-7829-073-4.

<https://es.scribd.com/document/391742458/Introduccion--a-La-Botanica-Nabors>

PÉREZ-MENDOZA C, Carrillo-Castañeda G, Vidal-Lezama E, Ortiz-García E. 2016. Efecto de la imbibición en la calidad fisiológica de semillas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(27): 1765-1773.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n7/2007-0934-remexca-7-07-1765-en.pdf>

PITA-VILLAMIL JM, Pérez-García F. 1998. Germinación de semillas. Hojas Divulgadoras. Núm. 2090. HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Pp. 20.

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

PORTUGUEZ-GARCÍA MP, Rodríguez-Ruiz AM, Porras-Martínez C, González-Lutz MI. 2020. Imbibición y temperatura para romper la latencia de *Ischaemum rugosum* Salisb. *Agronomía Mesoamericana*. 31(3): 793-802.

<https://www.redalyc.org/journal/437/43764233027/html/>

RODRÍGUEZ-BRISEÑO KG, Mc Caughey-Espinoza DM, Magaña-Barajas E, Cruz-Campas M, Ortega-Rosas CI, Celaya-Rosas M. 2024. Determinación de la viabilidad en semillas de wereque [*Ibervillea sonorae* (S. Watson) Greene]. *Abanico Agroforestal*. 6:1-8. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.4>

RODRÍGUEZ-BRISEÑO KG y Mc Caughey-Espinoza DM. 2024. El wereque (*Ibervillea sonorae*): especie de valor medicinal en Sonora. *Abanico Boletín Mexicano*. 3: e2024-7.

<https://abanicoacademico.com/abanicoboletinmexicano/article/view/198>

ROSA E. 2001. Enfermedades. Conjunto tecnológico para la producción de melón “Cantaloupe” y “Honeydew”. Universidad de Puerto Rico. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/MELON-ENFERMEDADES.pdf>

ROSSETTI S. 2014. Análisis de factores que afectan la germinación de semillas de *Panicum coloratum*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

<https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/339>

