

Efecto del pH en la germinación de semillas de *Tagetes lucida* Cav.

Effects of pH on the germination of *Tagetes lucida* Cav. seeds

A. Hernández Fernández¹, S. Herrera Monroy^{2*}, R. González-Santos³, J. M. Rivera Ramírez⁴

Abstract:

Mexico possesses a wide diversity of plants in the family Asteraceae, including *Tagetes lucida* Cav., which has cultural and medicinal importance. Wild populations have declined due to erosion and changes in land use. pH is an indicator of soil fertility that influences germination and plant development. The objective of this study was to determine the effect of different pH ranges on the germination rates of two *T. lucida* seed accessions obtained from the germplasm bank of the Autonomous University of Querétaro. The seeds were placed at different pH levels in a 2^k factorial design, with constant humidity, temperature, and light intensity. The results were analyzed using analysis of variance and Tukey's test in SAS, identifying significant differences (p<0.05) in germination rates and seedling morphology, with pH values of 4, 7, and 8 being the most favorable.

Keywords:

Soil degradation, medicinal plant, chemical property (thesaurus), pericón, germplasm

Resumen:

México posee una amplia diversidad de plantas de la familia Asteraceae, entre ellas *Tagetes lucida* Cav., de importancia cultural y medicinal. Las poblaciones silvestres han disminuido debido a la erosión y al cambio en el uso de suelos. El pH constituye un indicador de la fertilidad edáfica que influye en los procesos de germinación y de desarrollo vegetal. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de distintos rangos de pH sobre los índices de germinación de dos accesiones de *T. lucida*, obtenidas del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Querétaro. Las semillas se colocaron en distintos niveles de pH bajo un diseño factorial 2^k, manteniendo condiciones constantes de humedad, temperatura e intensidad lumínica. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey utilizando el programa SAS, identificándose diferencias significativas (p<0.05) en los indicadores de germinación y en la morfología de las plántulas, siendo más favorables los valores de pH 4, 7 y 8.

Palabras Clave:

Degradación de suelos, planta medicinal, propiedad química (tesauro), pericón, germoplasma

1. Introducción

México es centro de origen y distribución de un importante acervo de plantas medicinales, que crecen en estado silvestre, asociadas a cultivos o a ecosistemas específicos. Asimismo, algunas de ellas han sido cultivadas y otras preservadas en los sitios de colecta, dado que al ser domesticadas merma la producción o pierdes sus propiedades medicinales[1]. Hasta el año 2019 se calculaba un aproximado de 30,000 especies de plantas medicinales [2] de las que aproximadamente 10% pertenecía a la familia Asteraceae y de este porcentaje, 371 eran nativas de México [3].

Dentro del grupo de Asteráceas, medicinales, aromáticas y nativas de México, 26 pertenecen al género *Tagetes* [4], donde se encuentra la especie *lucida*, llamada localmente pericón, tarragón, Santa María, hierba del diablo, caléndula mexicana, entre otros. La especie se distribuye a lo largo de la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental [3].

Algunas características de *T. lucida* es que clasifica como una planta perenne que alcanza entre 46 y 76 cm de alto [5, 6] florece en los meses de agosto a diciembre con vistosos ramilletes de color amarillo (Figura 1) (Figura 1), además tiene un olor particular, por lo que ha sido empleada desde tiempos

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, <https://orcid.org/0009-0004-3905-0520>; email, he356459@uaeh.edu.mx

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, <https://orcid.org/0000-0003-0275-2831>; email, sonia_herrera@uaeh.edu.mx

* Autor de correspondencia, email, sonia_herrera@uaeh.edu.mx

³Universidad Autónoma de Querétaro, México, <https://orcid.org/0000-0003-3881-9321>; email, rosalinda.gonzalez@uaq.mx

⁴Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, <https://orcid.org/0000-0002-0051-8657>; email, psicolin.juma90@gmail.com

Fecha de recepción: 14/12/2025, Fecha de aceptación: 04/02/2026, Fecha de publicación: 05/07/2026

ancestrales como condimento, ornamento en rituales, con fines medicinales en baños o infusiones [7, 8] así como para la extracción de aceites esenciales y compuestos aromáticos que poseen efectos fungistáticos, antimicrobianos, insecticidas, nematocidas y alelopáticos [9, 10].



Figura 1. *Tagetes lucida* Cav. (a), hoja (b), semilla (c), botones florales (d, e) y flores en ramillete (f).

Por otro lado, cabe destacar que desde la Revolución Verde hasta la actualidad, el uso desmedido de nutrimentos y pesticidas químicos exógenos ha propiciado la degradación de suelos [11] que a la par del calentamiento global, el constante cambio en el uso de la tierra así como la extracción intensiva de recursos, han provocado una disminución de la biodiversidad [12] y la modificación en la distribución de las poblaciones de *T. lucida* [3, 13], siendo particularmente afectadas aquellas poblaciones que se desarrollan en condiciones edafoclimáticas específicas⁵ y que además tienen una capacidad limitada para colonizar espacios con nuevas condiciones [3].

Una etapa crítica para el establecimiento y colonización de especies vegetales es la germinación, la cual depende de factores intrínsecos de la semilla (especie, periodos de dormancia, edad, composición y grosor de la testa⁶, entre otros) y de factores externos [14] regulados por el suelo de los

ecosistemas, entre ellos la humedad disponible, temperatura, soporte físico y pH [15].

En el caso del pH es uno de los factores que más influye en los procesos edáficos, razón por la cual es nombrado como “la variable principal del suelo”, dado que interfiere directamente en la disponibilidad de nutrientes [16], e indirectamente en la germinación y el desarrollo de especies vegetales, beneficiándolas o afectándolas de manera diferencial. Por ello, el presente trabajo pretende responder a la cuestión en relación a cuáles son los efectos de la variación del pH en la germinación de *T. lucida*, sosteniendo la hipótesis de que la degradación de las condiciones físico-químicas del suelo causadas por la fertilización inadecuada [17] han generado cambios en el pH y, por ende, han modificado los patrones de germinación y de establecimiento de plantas nativas. Por último, el objetivo consistió en determinar el efecto de diferentes rangos de pH sobre los índices de germinación de dos accesiones⁷ De semillas de *T. lucida*.

2. Materiales y métodos

Para probar el efecto del pH sobre la germinación de *T. lucida*, se establecieron cámaras húmedas irrigadas manualmente con 5 ml de soluciones ajustadas a distintos pH (Tabla 1), usando para tal propósito soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) en concentraciones de 0.1 y 0.01 N, excepto en el grupo control, donde se usó agua corriente, cuyo pH fue de 7 ± 0.02 . La elección de los niveles de pH evaluados buscó abarcar rangos ácidos, neutros y alcalinos en la escala de Arrhenius para imitar las condiciones de pH de distintos escenarios edáficos. Debido a que solo se pretende evaluar el efecto del pH en la germinación, se mantuvieron constantes las variables de humedad, temperatura ($21 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$) e intensidad lumínica (ciclos de 8 horas de oscuridad, 16 horas de luz a 1000 luxes) con base en las recomendaciones de Kumar et al. (2021) [1].

Se probaron dos accesiones proporcionadas por el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma de Querétaro que se resguardaron a una temperatura de $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 7 y 11 años,

⁵ *Tagetes lucida* ha prosperado en bosques templados a lo largo de las cadenas montañosas desde México hasta Honduras, pero este ecosistema se ha modificado debido al cambio de uso de suelos y al desfase temporal.

⁶ Testa: capa externa que rodea a las semillas de plantas espermatofitas y que sirve de protección.

⁷ Unidad de conservación que comprende semillas, que se identifica con un código alfanumérico, y que lo distingue del resto en un banco de germoplasma.

identificadas como H-1045 y G-521, respectivamente (Tabla 1. Las semillas fueron colectadas en el área conurbana del municipio de Querétaro, en las comunidades del Herrero y Buenavista. Las cuales se localizan en la Mesa del Centro, hacia el norte, que pertenece a la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. Con altitudes entre 1800 y 2190 m. El clima en los sitios de colecta es semiseco-semicálido (BS1h); la temperatura promedio anual es de 19 °C, con 17.4 °C en el año más frío y 19.7 °C en el más caluroso. En cuanto a la precipitación, la media anual es de 549 mm, siendo de 274 mm la del año más seco y la del más lluvioso cercana a los 1000 mm. La vegetación del lugar de colecta es de matorral xerófito [18].

Tabla 1.

Tratamientos evaluados en la germinación de semillas de *Tagetes lucida Cav.*

Accesión	Año de colecta	Lugar de procedencia	pH
H-1045	2018	Comunidad Buenavista, Querétaro, Mex.	2, 4, 7*, 8, 10, 12
G-521	2012	Comunidad El Herrero, Querétaro, Mex.	2, 4, 7*, 8, 10, 12

Nota: detalles de la distribución de tratamientos evaluados donde *Grupo control de semillas irrigadas con 5 ml de agua corriente

Durante el experimento se determinó la absorción de agua utilizando el método de peso seco y peso húmedo [19], así como los siguientes indicadores: evolución de la germinación (seguimiento fotográfico diario durante 10 días), porcentaje de germinación

t
o
t
a
l

R
E
F

—
R
e
f

$$PGT = (SG/NTSR) * 100 \quad (1)$$

$$IG = (PRG * CRR)/100 \quad (2)$$

$$CVG = SGC/(A_1T_1 + \dots + A_nT_n) \quad (3)$$

$$EG = ((0.25 * MNSD)/NTSR) * 100 \quad (4)$$

$$PRG = (SGTr/SGTs) * 100 \quad (5)$$

2
2
2

\
h

$$CRR = (ERTr/ERTs) * 100 \quad (6)$$

Donde:

SGC=número de semillas germinadas por cámara

SG= número de semillas germinadas.

PGT= porcentaje de germinación total.

IG= Índice de germinación.

CVG= coeficiente de velocidad de germinación.

EG= energía de germinación.

A_n = número de semillas emergidas en un número de día en particular (1,2, 3, ..., n).

T_n= número de día de germinación de semilla después de la siembra.

MNSD= máximo número de semillas germinadas por día.

NTSR= número total de semillas en las repeticiones

PRG= porcentaje relativo de germinación, calculado por ecuación (Ecuación 5)

CRR= crecimiento relativo de radícula, calculado por ecuación (Ecuación 6)

SGTr= número de semillas germinadas en tratamiento

SGTs= número de semillas germinadas en el grupo control

ERTr= elongación de radículas en semillas en tratamiento

ERTs= elongación de radículas en semillas el grupo control

Para evaluar las variables antes descritas, se estableció un experimento factorial 2^k con un diseño completamente al azar, dado que éste permite evaluar las combinaciones posibles de niveles de los factores, reduciendo la varianza y utilizando pocas unidades experimentales [23]. Para ello, los factores fueron el pH y las accesiones de *T. lucida*. Cada unidad experimental (k) consistió en una cámara húmeda con 10 semillas. Los tratamientos se establecieron en triplicado y correspondieron a los distintos niveles de pH.

Los datos obtenidos se procesaron con el programa SAS® versión 9.0, analizándolos mediante el procedimiento univariado de normalidad de datos, el test de Bartlett para homogeneidad de varianzas, el análisis de varianza (ANDEVA) y las pruebas de comparación de medias de Tukey (p=0.05); además, se realizó un procedimiento de correlación de Pearson para las variables agua absorbida y PGT.

3. Resultados y discusión

3.1 Agua absorbida

La cantidad de agua que una semilla puede absorber y retener, depende de la presencia de testa, de su permeabilidad y de la cantidad de almidón contenido en cotiledones o estructuras de reserva [24]. Para el caso de la familia Asteraceae, las semillas tienen una testa compuesta en su mayoría por celulosa (30%), lignina (15-26%), hemicelulosa (38%) y proteínas (1.3%) [25], los cuales se degradan al exponerse a soluciones alcalinas que contienen iones OH⁻ intercambiables [26], facilitando el ingreso de agua hacia los cotiledones y embrión, en este sentido se explica lo encontrado durante la prueba de absorción de agua, la cual fue mayor en semillas que fueron sometidas a pH alcalinos (

Tabla 2).

Tabla 2. Agua absorbida por semillas de dos accesiones de *Tagetes lucida* Cav.

Accesión	pH						yDMSH
	2	4	7	8	10	12	
H-1045	0.96 d*	1.003 d	1.31 b	1.193 c	1.357 b	1.84 a	0.838
G-521	1.073 b	1.183 b	1.007 b	0.773 c	0.183 d	1.337 a	0.8377

Nota: *Grupos por fila con letra distinta denotan diferencias significativas (p<0.05) determinadas mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. yDMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta

Por otro lado, no se observó correlación entre las variables agua absorbida y PGT (r2 = -0.24 para H-1045 y r2 = 0.009 para G-521), por lo que no hay relación entre la cantidad de semillas que germinan y la cantidad de agua absorbida. Esto es consistente con lo mencionado por la literatura [24] donde se afirma que, durante la fase de imbibición, la semilla absorbe agua por fuerzas osmóticas hasta completar su hidratación, sin importar si esta es viable o no.

3.2 Indicadores de germinación

Se consideró que la semilla había germinado cuando la radícula era visible; a partir de ese momento se contabilizó el PGT, el cual fue mayor en la accesión H-1045 (33% de germinación) que en G-251 (0%) en el grupo control (pH = 7). Este comportamiento se explica por el periodo de almacenamiento de las accesiones, el cual fue mayor para G-521 pues se ha demostrado que los materiales en resguardo en los bancos de germoplasma pierden viabilidad con el paso del tiempo, por lo que es necesaria la regeneración [27, 28].

A pesar de que el periodo de resguardo de ambas accesiones explica el comportamiento de la germinación en los tratamientos control, es necesario mencionar que ambos porcentajes son coherentes con los reportados en otros estudios donde se evaluó la cantidad de semillas germinadas de diferentes especies de *Tagetes* [29, 30] y otras especies de plantas aromáticas [31]. En estos, el aumento del PGT se asoció con la disminución o pérdida del letargo de las semillas, lo cual se debe a la selección durante la domesticación. En el caso de las accesiones *T. lucida* evaluadas en este trabajo, ocurrió lo contrario, pues se observó un bajo PGT (**Error! Reference source not found.**), por lo que se sugiere que el nivel de domesticación de las accesiones es bajo.

También se observaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.05) en los PGT e IG cuando las semillas se colocaron en diferentes pH, obteniéndose una mayor germinación e IG en la accesión H-1045 a pH 4, mientras que para G-521 el mayor PGT se obtuvo a pH 12 y para el IG a pH 10 (**Error! Reference source not found.**).

Tabla 3. Indicadores de germinación de dos accesiones de semillas de *Tagetes lucida* Cav. expuestas a diferentes pH

Indicador	Accesión	pH						yDMSH
		2	4	7	8	10	12	
PGT	H-1045	26.6 b	46.66 a*	33.33 b	20.0 b	20.0 b	20.0 b	10.07
	G-521	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	6.67 b	13.33 a	5.26
CVG	H-1045	0.67 a	0.58 a	0.46 a	0.28 a	0.3 a	0.11 a	2.11
	G-521	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.33 a	0.11 a	1.92
IG	H-1045	0.37 b	8.72 a	1.00 b	0.71 b	1.09 b	0.49 b	3.47
	G-521	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00	3.37 a	1.33 b	2.26

Nota: PGT: porcentaje de germinación total; CVG: coeficiente de velocidad de germinación; IG: índice de germinación. *Grupos por fila con letra distinta denotan diferencias significativas (p<0,05) determinadas mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. yDMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Esto pudo deberse a que las semillas del sitio H-1045 eran más alargadas y delgadas que las del sitio G-521 (Tabla 2), por lo que la superficie de contacto con las soluciones fue distinta, lo que provocó que la testa de H-1045 se descompusiera con mayor rapidez a pH ácido y permitió que germinaran más semillas en comparación con los tratamientos con pH neutro y alcalino. Otra explicación es que en el sitio donde se colectó la accesión H-1045 prevalecen suelos ácidos,

mientras que en el de G-521 prevalecen suelos alcalinos [32], por lo que las semillas podrían estar adaptadas para germinar en esas condiciones.

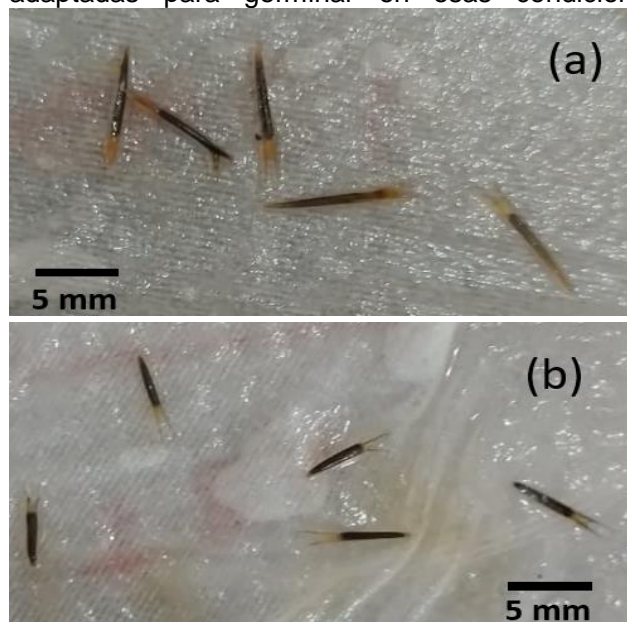


Figura 2. Comparación del tamaño de las semillas de *Tagetes lucida* Cav., accesiones H-1045 (a) y G-521 (b).

Aun cuando el PGT y el IG para semillas del sitio G-521 fue mayor en condiciones alcalinas (PGT=13.33 % a pH=12, IG=3.37 a pH=10), las plántulas germinadas en estos tratamientos no prosperaron, pues a pesar de que se observó ruptura de testa, aparición de radícula y cotiledones, no hubo incremento en tamaño o algún indicio de desarrollo, además se registró una coloración anormal de la plántula, las cuales ocho días posteriores a la germinación, presentaron pudriciones (Figura 3).

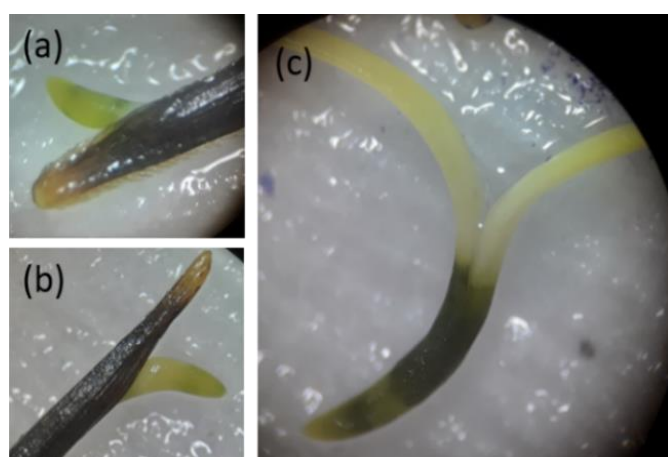


Figura 3. Radículas (a, b) y (c) de la plántula de *Tagetes lucida* Cav. accession G-521, ocho días después de la germinación en solución a pH=12.

Las semillas de ambas accesiones expuestas a pH=8 y pH=10 lograron germinar después de tres días, desarrollando plántulas que, a partir del quinto posterior a la germinación, mostraron deformidades

en la radícula y menor tamaño con respecto a plántulas de otros tratamientos (pH= 4, 2 y 7) así como una coloración rojiza atípica (Figura 4).



Figura 4. Morfología de plántulas de *T. lucida* cinco días después de la germinación en soluciones a pH = 8 y pH = 10.

Los efectos antes descritos son consistentes con los reportados en plántulas sometidas a estrés oxidativo, donde los radicales libres producidos por los niveles de pH extremos (mayores a 8) provocan un desequilibrio metabólico que conduce a daño de los ácidos nucleicos y las proteínas [33] esto explica las pudriciones, la reducción de la germinación, así como la reducción del desarrollo de plántulas.

De igual manera, el estrés oxidativo causado por pH alcalino promueve degradación de la clorofila y una baja eficiencia del fotosistema II [33], lo que resulta en cambios de la coloración de estructuras vegetales como se observó en las plántulas germinadas en pH alcalinos (Figura 4).

En cuanto a los tratamientos de pH=2, las plántulas mostraron deformaciones en las radículas y coloración de cotiledones similares a los observados cuando la germinación ocurre en condiciones de salinidad elevada (Figura 5). Es decir, radículas retorcidas y delgadas, degradación de clorofilas que conduce al decremento en actividad fotosintética, evidenciado por coloraciones amarillentas en hojas o tallos [34], además de reducción del PGT [35].



Figura 5. Morfología de plántulas de *T. lucida* germinadas en solución con pH 7, 4 y 2.

En las tablas Tabla 4 y Tabla 5 se muestra la energía de germinación, definida como el tiempo que tardan en aparecer radículas en el 25% de las semillas [22]. Se observa que ambas accesiones germinaron entre los días tres y cinco, prolongándose hasta el día ocho, según el pH al que fueran sometidas, obteniéndose una mayor energía de germinación el día cuatro a pH=4 para la accesión H-1045 y el día cinco a pH=12 para G-521. En la accesión G-521, únicamente se obtuvo germinación en los tratamientos con pH alcalino a partir del día tres y hasta el día cinco.

La germinación no uniforme y la pérdida de viabilidad se ha observado en semillas de otras especies cuando son resguardadas por más de 10 años en bancos de germoplasma [28], por lo que el comportamiento de las accesiones evaluadas puede deberse al efecto del pH sobre la descomposición de las testas, conjugado con el periodo de resguardo de cada una (G-521 se mantuvo resguardada durante once años, mientras que las de H-1045 solo durante siete).

Tabla 4. Energía de germinación (EG) de semillas de *T. lucida*, accesión H-1045

pH	Días					
	3	4	5	6	7	8
2	3.33 a	3.33 b	0.00 b	0.00 a	0.00 a	0.00 b
4	1.67 a	8.33 a	0.00 b	0.00 a	0.00 a	1.67 b
7	0.00 b*	5.00 b	3.33 a	0.00 a	0.00 a	0.00 b
8	0.00 b	1.67 b	3.33 a	0.00 a	0.00 a	0.00 b
10	0.00 b	3.33 b	1.67 a	0.00 a	0.00 a	0.00 b
12	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 a	0.00 a	5.00 a
∅DMSH	2.27	2.98	2.49	-	-	2.62

Nota: *Grupos en columnas con letra distinta denotan diferencias significativas ($p < 0.05$) mediante el test de comparación de medias de Tukey. ∅DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Tabla 5. Energía de germinación (EG) de semillas de *T. lucida*, accesión G-521

pH	Días					
	3	4	5	6	7	8
10	1.67 a	0.00 a*	0.00 b	0.00 a	0.00 a	0.00 a
12	0.00 b	0.00 a	3.33 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
∅DMSH	1.99	-	2.22	-	-	-

Nota: *Grupos en columnas con letras distintas denotan diferencias significativas ($p < 0.05$) determinadas mediante el test de comparación de medias de Tukey. ∅DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

El periodo de resguardo de las accesiones influyó en la disminución de los porcentajes de germinación en las semillas con más años de almacenamiento en el banco de germoplasma. Otro factor que interfirió con la germinación fue el pH, junto con la morfología de las semillas. A su vez, la morfología de las semillas estuvo condicionada por su lugar de procedencia.

Por otro lado, los tratamientos de pH no tuvieron efecto sobre el CVG, pero sí sobre el PGT, el IG y la EG de semillas de *T. lucida*. Además, se observó que las plántulas obtenidas mostraron una morfología normal en el grupo control, mientras que en pH alcalino o ácido presentaron un desarrollo similar al de plantas expuestas a estrés oxidativo, así como características similares a las observadas en estrés salino.

4. Conclusiones

Estos resultados muestran que el cambio de pH, el sitio de colecta y el periodo de resguardo de semillas a bajas temperaturas con condiciones de poca humedad (como las que se propician en un banco de germoplasma), afecta la germinación de *T. lucida* por lo que en un futuro se homogeneizarán los periodos de resguardo, además se ampliarán las zonas de muestreo de semillas para comparar los indicadores de germinación con el grado de domesticación de la especie y la distribución de esta.

Agradecimientos

La autora de este artículo agradece al Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma de Querétaro por las accesiones de semillas de *T. lucida* otorgadas.

Conflicto de intereses

Los autores de este trabajo declaran no tener conflictos de intereses financieros, personales o profesionales que afecten la objetividad de la investigación.

Referencias

- [1] Kumar A, Gautam RD, Kumar A, Singh S, Singh S. Understanding the Effect of Different Abiotic Stresses on Wild Marigold (*Tagetes minuta* L.) and Role of Breeding Strategies for Developing Tolerant Lines. 2022;Volume 12 - 2021. doi:10.3389/fpls.2021.754457
- [2] Lara Reimers EA, C EF, Lara Reimers DJ, Chaloupkova P, Zepeda del Valle JM, Milella L, et al. An Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants Used in Papatla, Veracruz, Mexico. *Plants* [Internet]. 2019; 8(8). doi:10.3390/plants8080246
- [3] Kurpis J, Serrato-Cruz MA, Feria Arroyo TP. Modeling the effects of climate change on the distribution of *Tagetes lucida* Cav. (Asteraceae). *Global Ecology and Conservation*. 2019;20:e00747. doi:10.1016/j.gecco.2019.e00747
- [4] Cruz MÁ. El recurso genético cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) de México (Diagnóstico). Universidad Autónoma Chapingo (UACH) SINAREFI-SNICS-SAGARPA. 2014:182. gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225091/El_recurso_gen_tico_de_l_cempoalxochitl__tagetes_spp_de_mexico__diagnostico_.pdf
- [5] Guadarrama-Cruz G, Alarcon-Aguilar FJ, Lezama-Velasco R, Vazquez-Palacios G, Bonilla-Jaime H. Antidepressant-like effects of *Tagetes lucida* Cav. in the forced swimming test. *Journal of Ethnopharmacology*. 2008;120(2):277-81. doi:10.1016/j.jep.2008.08.013
- [6] Regalado EL, Fernández MD, Pino JA, Mendiola J, Echemendía OA. Chemical Composition and Biological Properties of the Leaf Essential Oil of *Tagetes lucida* Cav. from Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. 2011;23(5):63-7. doi:10.1080/10412905.2011.9700485
- [7] Neher RT. The ethnobotany of *Tagetes*. *Economic Botany*. 1968;22(4):317-25. doi:10.1007/BF02908126
- [8] Zapata C, Serrato M, Rodríguez J, Guerra D. Morfogénesis in vitro en el género *Tagetes*: Una revisión. *Horticultura Argentina*.41(104). horticulturara.com.ar/es/articulos/morfogenesis-in-vitro-en-el-genero-tagetes-una-revision.html
- [9] Kumar A, Gautam RD, Yadav A, Bisht A, Singh S. Floral biology of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) and its relation to essential oil composition. *Industrial Crops and Products*. 2019;145:111996. doi:10.1016/j.indcrop.2019.111996
- [10] Torres-Martínez R, Moreno-León A, García-Rodríguez YM, Hernández-Delgado T, Delgado-Lamas G, Espinosa-García FJ. *Tagetes lucida* Cav. essential oil and the mixture of its main compounds are antibacterial and modulate antibiotic resistance in multi-resistant pathogenic bacteria. *Letters in Applied Microbiology*. 2022;75(2):210-23. doi:10.1111/lam.13721
- [11] Aguilar González X, Ronquillo-Cedillo I, Ávila-Nájera DM, Rodríguez-Hernández C, Pedraza-Mandujano J, Martínez-Jiménez DL. Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*. 2022;10(1):23-33. doi:10.5377/payds.v10i1.13341
- [12] Hernández Hernández A, Reyes-Fuentes F. Agricultura tradicional resiliente al cambio climático en Ozumba, México. 2020. p. 73 - 88. doi: researchgate.net/publication/382736768_Agricultura_tradicional_resiliente_al_cambio_climatico_en_Ozumba_Mexico
- [13] Ferreira CSS, Seifollahi-Aghmiuni S, Destouni G, Ghajarnia N, Kalantari Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of The Total Environment*. 2022;805:150106. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150106
- [14] Travlos I, Gazoulis I, Kanatas P, Tsekoura A, Zannopoulos S, Papastilianou P. Key Factors Affecting Weed Seeds' Germination, Weed Emergence, and Their Possible Role for the Efficacy of False Seedbed Technique as Weed Management Practice. 2020;Volume 2 - 2020. doi:10.3389/fagro.2020.00001
- [15] WHITE RE. Principles and Practice of Soil Science The Soil as a Natural Resource. Blackwell. 2006;Fourth Edition. content.e-bookshelf.de/media/reading/L-598975-eba0b0925.pdf
- [16] Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019;2019(1):5794869. doi:10.1155/2019/5794869
- [17] Panagos P, Borrelli P, Poesen J. Soil loss due to crop harvesting in the European Union: A first estimation of an underrated geomorphic process. *Science of The Total Environment*. 2019;664:487-98. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.009
- [18] Martínez M, Hernandez-Sandoval L, Gómez-Sánchez M, Barcenás R, Guevara-Escobar A, Suzán-Azpiri H, et al. Flora y vegetación del Municipio de Querétaro y la zona conurbada. 2016. p. 133-53. doi: researchgate.net/publication/323918943_Flora_y_vegetacion_del_Municipio_de_Queretaro_y_la_zona_conurbada
- [19] Bewley JD, Black M. *Seeds: Physiology of Development and Germination*: Springer Science & Business Media; 1994 1994/07/31. 466 p. books.google.com.mx/books?id=W6EbrewcpDwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r#v=onepage&q&f=false
- [20] Sobrevilla-Solís J, López-herrera M, Escamilla AL, Romero L. Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. 2013;2:83-95. researchgate.net/publication/280074333_Evaluacion_de_diferentes_tratamientos_pregerminativos_y_osmoticos_en_la_germinacion_de_semillas_Prosopis_laevigata_Humb_Bonpl_ex_Willd_M_C_Johnston
- [21] Baruah N, Mondal S, Farooq M, Gogoi N. Influence of Heavy Metals on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat, Pea, and Tomato. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2019;230. doi:10.1007/s11270-019-4329-0
- [22] Birendra Kumar BK, Gupta AK, Verma AK, Ambesh Dubey AD. Comparative seed germination of *Tagetes minuta*. *Journal of Tropical Medicinal Plants*. 2008;9(1):149-51. researchgate.net/profile/Birendra-Kumar-

- 2/publication/285471433_Comparative_seed_germination_of_Tagetes_minuta/links/565e811008aefe619b2723ac/Comparative-seed-germination-of-Tagetes-minuta.pdf:
- [23] Montgomery DC. Diseño y análisis de experimentos: Limusa Wiley; 2005. books.google.com.mx/books?id=TJFoAAAACAAJ:
- [24] Talón M, Azcón-Bieto J, Universidad de B. Fundamentos de fisiología vegetal. 1ª ed., reimp. ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2003. mezquita.uco.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991001591219704992&context=L&vid=34CBUA_UCO:VU1&lang=es&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=creator,exact,Azco%CC%81n%20Bieto,%20Joaqui%CC%81n,AND&facet=creator,exact,Azco%CC%81n%20Bieto,%20Joaqui%CC%81n&mode=advanced&offset=0:
- [25] De'Nobili MD, Bernhardt DC, Basanta MF, Rojas AM. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed Hull Waste: Composition, Antioxidant Activity, and Filler Performance in Pectin-Based Film Composites. 2021;Volume 8 - 2021. doi:10.3389/fnut.2021.777214
- [26] Zhao L, Zhang J, Zhao D, Jia L, Qin B, Cao X, et al. Biological degradation of lignin: A critical review on progress and perspectives. *Industrial Crops and Products*. 2022;188:115715. doi:10.1016/j.indcrop.2022.115715
- [27] Cuenca-Lombrana A, Sanna M, Porceddu M, Bacchetta G. Does Storage under Gene Bank Conditions Affect Seed Germination and Seedling Growth? The Case of *Senecio morisii* (Asteraceae), a Vascular Plant Exclusive to Sardinian Water Meadows. *Plants* [Internet]. 2020; 9(5). doi:10.3390/plants9050581
- [28] Euan-Tun JL, González-Durán EA, Ramírez-Benítez JE, Zamora-Crescencio P, Vargas-Contreras JA, Rodríguez-Robles U, et al. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de *Haematoxylum campechianum* en Campeche, México. *Madera y Bosques*. 2021;27(3):e2732263. doi:10.21829/myb.2021.2732263
- [29] Acosta de la Luz L, Hechevarría Sosa I, Rodríguez Ferradá C. Estudios preliminares para el establecimiento del cultivo de *Tagetes lucida* Cav. %J *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 2010;15:0- scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962010000100005&nrm=iso:
- [30] Miguel S, Grimaldo-Juárez O, González-Hernández V. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN BAJO DOMESTICACIÓN EN DOS ESPECIES DE CEMPOALXÓCHITL (*Tagetes erecta* y *Tagetes patula*). *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 1998;IV. doi:10.5154/r.rchsh.1998.01.011
- [31] Carrillo-Galván G, Bye R, Eguarte LE, Cristians S, Pérez-López P, Vergara-Silva F, et al. Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: Agastache (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2020;16(1):22. doi:10.1186/s13002-020-00368-2
- [32] Edafología. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2022. inegi.org.mx/temas/edafologia/:
- [33] Moustafa-Farag M, Elkelish A, Dafea M, Khan M, Arnao MB, Abdelhamid MT, et al. Role of Melatonin in Plant Tolerance to Soil Stressors: Salinity, pH and Heavy Metals. *Molecules* [Internet]. 2020; 25(22). doi:10.3390/molecules25225359
- [34] Lee MH, Cho EJ, Wi SG, Bae H, Kim JE, Cho J-Y, et al. Divergences in morphological changes and antioxidant responses in salt-tolerant and salt-sensitive rice seedlings after salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013;70:325-35. doi:10.1016/j.plaphy.2013.05.047
- [35] Kumar A, Gautam RD, Singh S, Chauhan R, Kumar A, Singh S. Comparative study of the effects of different soluble salts on seed germination of wild marigold (*Tagetes minuta* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2022;31:100421. doi:10.1016/j.jarmap.2022.100421