

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

# Debates

sobre **Innovación**

ISSN: 2594-0937

Jul-Sep 2024

VOL.8 NÚM.3

NÚMERO ESPECIAL  
MEMORIAS CONGRESO CICA 2024



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA  
Unidad Xochimilco



MEGI  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN  
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,  
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 8, Número 3, jul-sep 2024, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14387, Ciudad de México y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Teléfono 55 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <https://revistadebates.xoc.uam.mx/index.php/debinnovacion/issue/view/17> y dirección electrónica: [noticiaslalics@gmail.com](mailto:noticiaslalics@gmail.com) Editor responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título No. 04-2022-101113015800-102. ISSN 2594-0937, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Mtra. Gloria Magdalena González Trejo, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: 30 de septiembre de 2024 Tamaño del archivo: 3.5 MB Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

# EL NIVEL DE DOMESTICACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA CHÍA (*Salvia hispanica* L).

Autor 1

Calderón-Ruiz Alberto

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Dirección Agroalimentaria, México

E-mail: [acalderonr@utsoe.edu.mx](mailto:acalderonr@utsoe.edu.mx)

Autor 2

Martínez-Camacho Adriana Paola

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Dirección Agroalimentaria, México

E-mail: [a.martinez@utsoe.edu.mx](mailto:a.martinez@utsoe.edu.mx)

Autor 3

Vargas-Espinoza Everardo

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Dirección Agroalimentaria, México

E-mail: [evargase@utsoe.edu.mx](mailto:evargase@utsoe.edu.mx)

## Resumen

La domesticación, un proceso evolutivo impulsado por la selección artificial humana, ha transformado las plantas y ha sido clave en el desarrollo de las civilizaciones. La chía (*Salvia hispanica* L.), originaria de México, presenta características modificadas por la domesticación, algunas beneficiosas para el ser humano y otras no. Este estudio investigó el impacto de la domesticación en la germinación de la chía. Se evaluó el índice de velocidad germinativa (IVG) en diez grupos de semillas con diferente grado de domesticación. A pesar de que las plantas silvestres suelen tener una dormancia más prolongada en sus semillas, los resultados mostraron que el IVG no se vio afectado por el nivel de domesticación en la chía. Esto significa que tanto las variedades silvestres como las domesticadas o semi domesticadas tienen una capacidad de germinación similar. Este hallazgo es fundamental para futuros programas de mejoramiento de la chía, ya que amplía las opciones de selección de material genético, permitiendo aprovechar tanto las variedades silvestres, potencialmente más resistentes, como las domesticadas, con características agronómicas deseables.

**Palabras Clave:** *Salvia hispanica* L., Síndrome de domesticación, dormancia.

## ABSTRACT

Domestication is an amazing process that humans have been involved in for thousands of years. It's a way of transforming plants and has been key to the development of civilisations. Chia (*Salvia hispanica* L.), which is native to Mexico, has characteristics that have been modified by domestication. Some of these are beneficial to humans, while others are not. This study investigated the impact of domestication on chia germination. The germination rate index (IVG) was evaluated in ten seed groups with different degrees of domestication. It's interesting to note

that although wild plants tend to have longer seed dormancy, the results showed that IVG was not affected by the level of domestication in chia. This means that both wild and domesticated or semi-domesticated varieties have similar germination capacity. This is great news for future chia breeding programmes, as it expands the options for selection of genetic material, allowing both wild varieties, potentially more resistant, and domesticated varieties, with desirable agronomic traits, to be exploited.

**Key words:** *Salvia hispanica* L., Domestication syndrome, dormancy

## 1. Introducción

Desde hace doce mil años, en el periodo final que comprende la era Neolítica, las sociedades humanas en todo el planeta comenzaron a hacer la transición cazadores-recolectores para formar sociedades agrícolas sedentarias, que después dieron resultado a las culturas humanas actuales (Singh and Luke, 2022; Doebley et al. 2006)., esto ocurrió de forma independiente más de un centenar de veces en diferentes regiones del mundo. Por casi cuatro mil años atrás a nuestra era, los pueblos antiguos habían completado la adaptación de todas las especies de cultivos principales de los que la supervivencia humana hoy es dependiente, incluyendo como ejemplo; el arroz (*Oryza sativa*), el trigo (*Triticum spp.*) y el maíz (*Zea mays*) (Doebley et al., 2006). Esto no se hubiera logrado sin el proceso de Co-evolución, al cuál se conoce como “Domesticación” y actúa en recursos específicos, a través de la selección artificial; y permite a dichos recursos, su adaptación a condiciones ambientales y manejo humano (Hom and Penn, 2021).

Mao et al. (2000) mencionan que la pérdida de mecanismos de dispersión se produce cuando la zona de abscisión de alguna parte de la planta se pierde. Como ejemplo los maíces que hasta hoy, han perdido la zona de abscisión dentro de la inflorescencia, que es; lo que permite la dispersión de las semillas de su pariente silvestre [ejemplo teocintle (*Z. mays ssp. parviglumis*)]. En el caso del tomate (*Solanum lycopersicum*), la zona de abscisión está en el pedicelo, y actualmente se encuentran en los tomates silvestres y se ha perdido en los tomates domesticados. No obstante, la pérdida de dispersión no está relacionada con la pérdida de una zona de abscisión. En el caso del chile, los frutos de chiles silvestres se separan fácilmente del receptáculo a la madurez, mientras que en todos los chiles domesticados se mantienen firmemente unido a la planta.

Por su parte, Cong et al. (2002) mencionan que el efecto de gigantismo en plantas normalmente es un carácter marcado en plantas cosechadas a mano, pero muchas veces hay efectos correlacionados en otras partes de la planta. Como ejemplo, los pimientos no solo tienen frutos más grandes que los silvestres, sino que también hojas, flores y semillas más grandes.

Al respecto Serrato y Miranda (1998) describe los efectos de la domesticación en el cultivo de maíz, donde se han acortado los periodos previos y posterior a la floración, y la planta ha cambiado de protoginia a protándrica. En cuanto a la morfología, el número de tallos, espigas, hojas y mazorcas por planta se ha reducido, pero el número de hileras por mazorcas y el número de semillas se han incrementado.

En otras plantas como el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), se ha establecido que la selección consciente de frutos de mayor tamaño ha mejorado indirectamente el tamaño de la flor (Montes et al., 1991).

En el caso de especies ornamentales como la flor de Cempoalxóchitl (*Tagetes erecta* L.) se ha visto cambios morfológicos entre cultivados y silvestres, entre los cuales se encuentran: el incremento en la anchura y longitud del involucre. Mayor número de flores por capítulo y más flores liguladas, y la reducción en la longitud de la semilla, esto en las cultivadas (Serrato y Miranda, 1998).

Arqueológicamente, se desconoce el momento de la domesticación de la chíá, por esa razón el conocimiento sobre los móviles de la domesticación de la chíá es desconocido (Cahill, 2003). Pocos son los estudios que existen sobre el origen de la domesticación en esta especie, quizá el cultivo de la chíá ha tomado un camino sencillo hacia la domesticación comparada con otros cultivos, convirtiéndolo en un excelente modelo para conocer el proceso de domesticación en esta planta.

Las formas de la especie de *S. hispanica* L. que se pueden encontrar en el área geográfica que comprende una parte de Mesoamérica, haciendo referencia a los estadios de la domesticación mencionados por Bautista et al. (2012) en las especies vegetales, se llega a proponer para la chíá los estadios siguientes: a) De la forma silvestre, b) Domesticados, c) Variedades domesticadas (Cahill, 2005). Además autores como Hernandez y Miranda (2008), postulan un estadio llamado: D) Semidomesticado el cual presenta algunas características de los silvestres y de los domesticados.

En relación con la especie *S. hispanica*, Cahill (2005) describe que existe una gran diversidad genética entre poblaciones silvestres de chíá, esto sucede gracias a la capacidad de la planta para producir miles de semillas, también cuenta con un ciclo de vida completo, su sistema de polinización es altamente autógamo en las silvestres y una alta heredabilidad de algunas características fenotípicas. Respecto a las características morfológicas y fenológicas que se han identificado en variedades domesticadas contra las silvestres son: semillas de mayor tamaño, inflorescencia más compacta, cálices cerrados, flor más larga y dominancia apical, uniformidad en los periodos de floración y maduración.

En el mismo sentido, Hernandez y Miranda (2008) encontraron que las características que diferencian entre las poblaciones cultivadas contra poblaciones silvestres de chíá son: flores más grandes, corolas que sobresalen del cáliz, inflorescencias más compactas debido al mayor número de verticilos y una menor distancia entre ellos; ciclo biológico más tardío y mayor tamaño de semilla. Por otro lado, Calderón et al. (2021) encontraron que la presencia de antocianinas es característica de plantas silvestres, así como la presencia de cáliz abierto, que está relacionado con la dispersión de las semillas; estas fueron más pequeñas y oscuras y sus cálices fueron cortos y se abrieron al madurar. El tamaño de la semilla y el peso de 100 semillas están altamente correlacionado con el rendimiento por planta. Las plantas domesticadas presentaron cáliz cerrado, sin coloración por antocianinas, reducción de la pubescencia en la mayor parte de la planta, inflorescencia más grande, mayor número de floretes, mayor peso de semilla, dominancia apical, mayor tamaño de espiga, cáliz cerrado y mayor rendimiento. Las semidomesticadas son semejantes a las cultivadas, pero presentan cáliz abierto. A pesar de las diferencias morfológicas marcadas entre las distintas poblaciones de chíá, aún sigue siendo morfológicamente distintas al taxón. Para aunar en las diferencias existentes a los diferentes niveles de domesticación en chíá, objetivo de este trabajo fue realizar una prueba de germinación estandar y determinar el índice de

velocidad germinativa a diferentes grupos de colectas semillas de chíá: descritas con diferente grado de domesticación para identificar posibles diferencias entre las poblaciones.

## 2. Metodología

### Localización del proyecto

El desarrollo de este ensayo se realizó en laboratorio de biología de las instalaciones de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato ubicada en Carretera: Valle-Huanímaro km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato. En las coordenadas 20° 24' 1.04" latitud norte y 101° 13' 19.52" de longitud oeste.

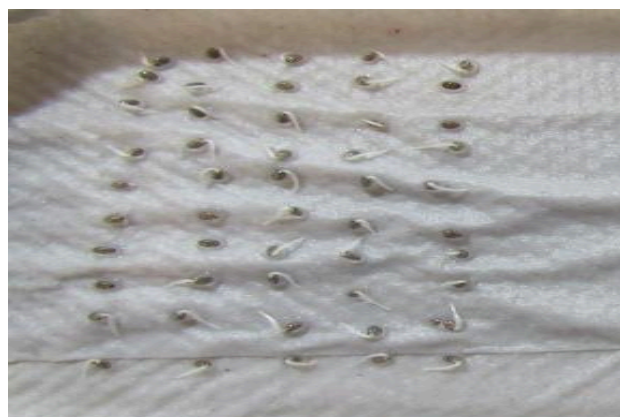
### Material vegetal

**Tabla 1.** Identificación y origen de diez poblaciones de chíá (*S.hispanica* L ).

Población	País de procedencia	Estado	Municipio o comercializador	Estadio de Domesticación
C-A1	México	Jalisco	Acatic	Cultivado
C-A2	México	Jalisco	Acatic	Cultivado
C-A3	México	Guanajuato	Salamanca	Cultivado
C-A4	México	Puebla	Puebla	Cultivado
Sm-D1	México	Guerrero	Leonardo Bravo	Semi-domesticado
Sm-D2	México	Guerrero	Cuálac	Semi-domesticado
S-V1	México	Michoacán	Ciudad Hidalgo	Silvestre
S-V2	México	Oaxaca	Tultitlán de Flores Magón	Silvestre
SV-3	Nicaragua	Nicaragua	Managua	Silvestre
SV-4	El Salvador	El salvador	San salvador	Silvestre

### 2.3 Prueba de Germinación

La prueba de germinación (figura1), se realizó con los estándares reportados por Rovati et al., (2009), siendo estos a una temperatura constante de 25 °C, y la siembra se realizó sobre papel con cuatro repeticiones de 50 semillas por repetición, se realizó el conteo de la germinación en periodos de 12 horas, con la finalidad de contemplar la velocidad de germinación en las semillas e identificar si existe alguna diferencia entre las poblaciones, durante 96 horas.



**Figura 1. Germinación de las semillas de chía sobre papal**

Para encontrar la diferencia entre la germinación de las poblaciones, se calculó el Índice de Velocidad Germinativa (IVG) en cada población, de acuerdo con la modificación de la fórmula Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) propuesto por Maguiere desde 1962, (Apud: Raimondo, 2015).

$$IVG = \frac{G1}{P1} + \frac{G2}{P2} + \frac{G3}{P3} + K... + \frac{Gn}{Pn}$$

Donde G1, G2, G3.....,Gn = número de semillas germinadas, en la primera, segunda , tercera...y última evaluación, y P1,P2,P3...Pn = Periodo desde la siembra hasta la primera, segunda, tercera y última evaluación. Y así, las repeticiones que su IVG sea más cercano a valor 1, la interpretación determina y corresponde a cuál de las poblaciones presenta una germinación más rápida.

### **Porcentaje de germinación**

A continuación, se muestra el porcentaje de germinación (tabla 2). Donde podemos destacar que todas cumplen con el 80 % de germinación, un parámetro favorable en semillas silvestres.

**Tabla 2. Valores de porcentaje de germinación (media ± error estándar) de las diez poblaciones de chía**

<b>Población</b>	<b>Germinación (%)</b>
1. C-A1	98.56 ± 1.3
2. C-A2	94.3 ± 3.3
3. C-A3	94.3 ± 2.7
4. C-A4	95.3 ± 0.8
5. Sm-D1	97.3 ± 3.3
6. Sm-D2	86.3 ± 5.7
7. S-V1	92.58 ± 3.7
8. S-V2	94.3 ± 3.3
9. SV-3	84.3 ± 5.3
10. SV-4	97.8 ± 1.3

## Índice de Velocidad Germinativa (IVG)

A continuación, se presenta gráficamente el Índice de Velocidad Germinativa (IVG) de las diez poblaciones evaluadas con sus cuatro repeticiones respectivamente, representando con líneas continuas los errores estándar.

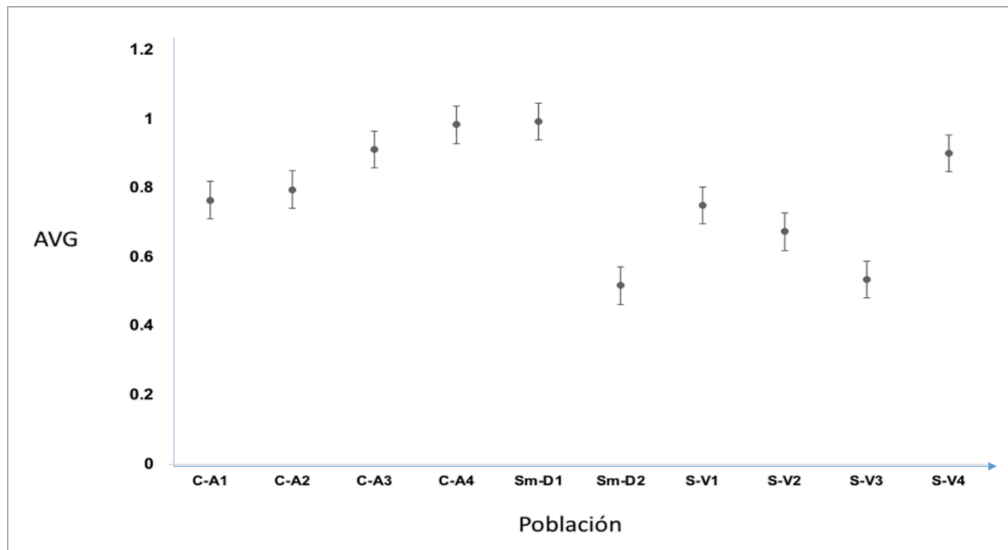


Figura 2. Índice de velocidad germinativa (IVG) de las 10 poblaciones de chí.

Como se puede observar en la figura.2, las poblaciones que mantiene IVG más cercano a 1 son las que sus semillas germinan más rápido en condiciones reportadas por (Rovati et al., 2009). También se puede ver que algunas poblaciones tienen un índice bajo  $< 0.6$ , pero esto no significa que, por su bajo índice mostrado, su germinación se vea afectado. Solo se ve la velocidad de germinación en las semillas de distintas poblaciones, tal es el caso de Sm-D2 y S-V3 que muestran un tiempo de germinación más tardía que el resto.

Al Analizar el IVG en las poblaciones evaluadas, no se encuentra una relación marcada en las distintas poblaciones. Por lo que no se puede determinar las diferencias entre las poblaciones puesto que no se encontraron datos contrastantes, resultado que puede ser cuestionado en relación a las diferencias que se mencionan en los estudios de Cahill (2003 y 2005) que hacen mención sobre la diferencia sobre el tiempo de germinación entre poblaciones de chías silvestres y domesticadas de hasta 2 semanas de diferencia.

Para corroborar el comportamiento de la germinación de las semillas de las poblaciones evaluadas a través del tiempo, las medias de cada repetición se agruparon y fueron comparadas mediante una prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% de significancia por cada periodo de tiempo. Y se representan gráficamente en la (figura 3). Cabe mencionar, que el porcentaje de germinación en todas las poblaciones fue mayor al 80%, este presentándose a las 96 horas que fueron evaluadas. Estos resultados concuerdan con lo que menciona Cahill y Provance, (2002), lo cuál es, que en las poblaciones silvestres y domesticadas no tienen un bajo porcentaje de germinación, solo difiere en días, esto en las silvestres puede tardar hasta diez días en las mismas condiciones para que una semilla de planta silvestre germine; lo que hace pensar para esta especie, la prueba de germinación (el IVG) no es un parámetro para ver el grado de domesticación en esta especie.



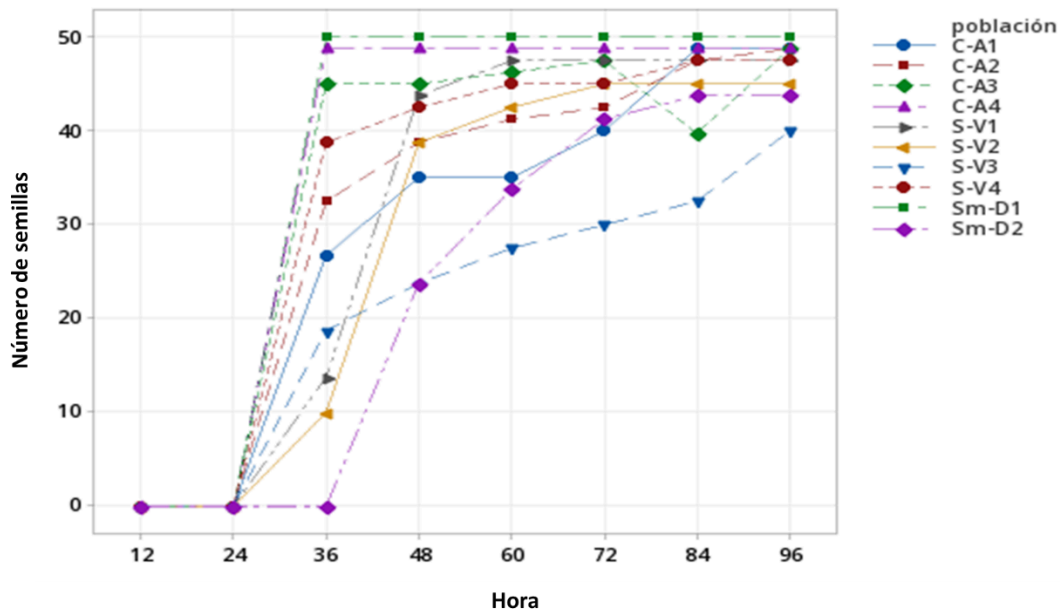


Figura 3. Porcentaje promedio de semillas germinadas de cuatro repeticiones de las diez poblaciones de chí a las 96 horas.

## 6. Conclusiones

Este estudio revela que no existen diferencias significativas en la capacidad de germinación entre las poblaciones de chí silvestres, semidomesticadas y domesticadas, lo que sugiere que la domesticación no ha afectado de manera sustancial este rasgo. Todas las poblaciones evaluadas, independientemente de su grado de domesticación, germinaron más del 80% a las 90 horas de evaluación, lo que indica que la dormancia no es un obstáculo para la germinación en esta especie.

Este hallazgo es crucial para los programas de mejoramiento, ya que indica que la selección de poblaciones con alta germinación no se limita a las variedades domesticadas. Las poblaciones silvestres y semidomesticadas, son las que mostraron un alto índice de velocidad germinativa (IVG) en este estudio, también pueden ser fuentes valiosas de genes para mejorar este rasgo.

Si bien este estudio proporciona información valiosa sobre la germinación de la chí, es importante señalar que se evaluó un número limitado de poblaciones. Futuros estudios deberían incluir una muestra más amplia para confirmar estos resultados y explorar otros factores que podrían influir en la germinación, como las condiciones ambientales y la variabilidad genética dentro de las poblaciones.

## Referencias

- Bautista, L. A., Parra, R. F., and Espinosa, G. F. javier. (2012). Efectos de la Domesticación de Plantas en la Diversidad Fitoquímica. *Temas Selectos En Ecología Química de Insetos*, (Febrero 2023), 253–267. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/233408389>
- Cahill, J. P. (2003). Ethnobotany of Chia, *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). *Economic Botany*, 57(4), 604–618. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0604:eocshl\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0604:eocshl]2.0.co;2)

- Cahill, J. P. (2005). Human selection and domestication of Chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Ethnobiology*, 25(2), 155–174. [https://doi.org/10.2993/0278-0771\(2005\)25](https://doi.org/10.2993/0278-0771(2005)25)
- Cahill, J. P., and Provance, M. C. (2002). Genetics of qualitative traits in domesticated chia (*Salvia hispanica* L.). *The Journal of Heredity*, 93(1), 52–55. <https://doi.org/10.1093/jhered/93.1.52>
- Calderón-Ruíz, Alberto, Salvador Montes-Hernández, M. Antonio García-Perea, Jorge Covarrubias Prieto, Cesar L. Aguirre-Mancilla, y Juan Carlos Raya Pérez. 2021. Caracterización De Poblaciones De chía Silvestre Y Cultivada. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 12 (7). <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2243>.
- Cong, B., Liu, J., and Tanksley, S. (2002). Natural alleles at a tomato fruit size quantitative trait locus differ by heterochronic regulatory mutations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(21), 13606–11. <https://doi.org/10.1073/pnas.172520999>
- Doebley, J. F., Gaut, B. S., and Smith, B. D. (2006). The Molecular Genetics of Crop Domestication. *Cell*, 127(7), 1309–1321. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.12.006>
- Hernández, G. A., y Miranda, C. S. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2), 105–113. <https://doi.org/0187-7380>
- Hom, E.F.Y., Penn, A.S. (2021). Symbiosis and the Anthropocene. *Symbiosis* 84, 239–270. <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00794-0>
- Mao, L., Begum, D., Chuang, H. W., Budiman, M. A., Szymkowiak, E. J., Irish, E. E., & Wing, R. A. (2000). JOINTLESS is a MADS-box gene controlling tomato flower abscission zone development. *Nature*, 406(6798), 910–3. <https://doi.org/10.1038/35022611>
- Montes, H. S., Aguirre, R., García, M., y González, C. E. (1991). Algunos efectos de la domesticación sobre la morfología del tomate (*Physalis philadelphica*). *Agrociencia Serie Fitociencia*, 2, 7–25.
- Raimondo, J. G. (2015). Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de aquenios de saetilla (*Bidens pilosa* L.). *Agron. Noroeste Argent.*, 35, 47–51.
- Rovati, A., Escobar, E., y Prado, C. (2009). Metodología alternativa para evaluar la calidad de la semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) en Tucumán, R. Argentina. *EEAOC-Avance Agroindustrial*, 33, 44–46.
- Serrato, M. A., y Miranda, C. (1998). Efectos de la Domesticación en algunas características florales del cempoalxóchitl (*Tagetes erecta* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4(1), 57–62.
- Singh Manvir and Glowacki Luke. (2022). Human social organization during the Late Pleistocene: Beyond the nomadic-egalitarian model, *Evolution and Human Behavior*, 43,418-431,<https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2022.07.003>.