

VARIABLES AMBIENTALES Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Solanum nigrum* EN GUANAJUATO, MÉXICO

Environmental variables and potential distribution of *solanum nigrum* in Guanajuato, Mexico

Soledad Centeno-Rodríguez¹, Rosa Adriana Juárez-García², Jesús Hernández-Ruiz^{2*}.

¹Alumna, Licenciatura en Agronegocios, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.

²Profesores, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. * Autor responsable.

Dirección de correo electrónico: hernandez.jesus@ugto.mx

Resumen

Solanum nigrum, es una planta con propiedades biológicas y uso en la medicina tradicional pero también es una maleza, por lo que, conocer su distribución potencial, se pueden implementar estrategias de control y manejo adecuado para minimizar su impacto en los cultivos y optimizar su posible aprovechamiento. Por ello el objetivo del presente trabajo fue determinar las principales variables ambientales que determinan la distribución potencial de *Solanum nigrum* en el estado de Guanajuato. Se obtuvieron datos de presencia de iNaturalist los cuales se analizaron con el algoritmo de MaxEnt utilizando 21 variables bioclimáticas como predictores. De las cuales cuatro fueron las más importantes que delimitaron la presencia de *S. Nigrum* fueron altitud (34%), temperatura mínima promedio del período más frío (14%), régimen de humedad (12%) y estacionalidad de la precipitación (11%). La distribución con alto nivel de presencia (69 a 100%) de *S. nigrum* se centra principalmente en siete municipios del estado entre los que se encuentran: Silao, Guanajuato, Salamanca y Moroleón.

Palabras clave: Maxent, solanácea, planta medicinal, maleza.

Introducción

Solanum nigrum, es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, comúnmente conocida como "hierba mora" o "mora negra", es una planta que se encuentra ampliamente distribuida en diferentes regiones del mundo, incluyendo América, Europa, Asia y África (Laurentin & Quevedo, 2020). Esta planta ha sido objeto de numerosos estudios debido a sus propiedades biológicas, su potencial uso en la industria farmacéutica y su uso en la medicina tradicional (Saibu & Adu, 2020; Keerthana *et al.*, 2022). Las investigaciones han demostrado que *S. nigrum* posee actividad citotóxica (Pelayo *et al.*, 2018), extractos del fruto tienen actividad hepatoprotectora contra el daño hepático inducido tetracloruro de carbono y extractos de hojas son una fuente potencial de antioxidantes y ayudan a reducir los niveles de ROS (Elshater *et al.*, 2013). También existen reportes que posee efecto hipoglucemiante (Sohrabipour *et al.*, 2013).

Sin embargo, *S. nigrum* también es considerada una maleza ya que puede competir por nutrientes, agua y luz solar, afectando el crecimiento y rendimiento en los cultivos agrícolas (Layne-Garsaball & Méndez-Natera, 2006). En cuanto a su papel como hospedante de enfermedades, puede albergar patógenos que afectan a los cultivos. Por ejemplo, en los cultivos transitorios, como el arroz y el maíz, presentan una mayor incidencia de enfermedades cuando se cultivaban en áreas donde *S. nigrum* es (Echavarría-Soto *et al.*, 2017). También se reportado como hospedante del virus de la fruta rugosa parda del tomate "ToBRFV" (Salem *et al.*, 2022). Por lo anterior, la determinación de la distribución potencial de una planta medicinal que también es una maleza permite identificar las áreas donde es probable que esta planta se establezca y se convierta en una competencia para los cultivos agrícolas. Un estudio sobre la competencia de la maleza *Euphorbia dentata* en la soja encontró que esta planta puede causar pérdidas significativas de productividad en los cultivos (Juan *et al.*, 2003). Al conocer la distribución potencial de esta planta, se pueden implementar estrategias de control y manejo adecuado para minimizar su impacto en los cultivos. En relación con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, la determinación de la distribución potencial permite conocer las áreas donde esta planta puede establecerse y propagarse (Elith & Leathwick, 2009), pudiendo implementarse medidas de conservación para proteger los ecosistemas nativos y prevenir la invasión de especies no deseadas. Esto es especialmente relevante en áreas donde la especie puede tener un impacto negativo en la flora y fauna nativa (Richardson *et al.* 2000). Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue determinar las principales variables ambientales que determinan la distribución potencial de *Solanum nigrum* en el estado de Guanajuato.



Metodología

Se consideró el territorio de la República Mexicana como escala geográfica (Oeste) -118.365119934082, (Este) -86.7104034423828, (Norte) 32.7186546325684, (Sur) 14.5320978164673. Se elaboró una base de datos para incluir sitios y localidades donde se reporta la presencia de *Solanum nigrum* en los estados de Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Michoacán, México. La información se obtuvo a partir de la revisión de base de datos iNaturalist. Los criterios utilizados para validar los registros en fueron: a) Datos clasificados como "observación de grado de investigación" y b) Información proporcionada por un curador. Para el análisis de distribución potencial y variables ambientales, se utilizó el programa MaxEnt 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2019), empleando 21 variables como predictores (Tabla 1), 19 bioclimáticas con resolución espacial de 0.5 min de arco, obtenidas de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org). Los datos digitales de elevación (DEM, 90 m de resolución) se obtuvieron de CGIAR-CSI (<http://srtm.csi.cgiar.org>), mientras que la capa en formato vectorial de régimen de humedad del suelo (Maples-Vermeersch, 1992) se adquirió de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (INEGI, 2013). Estas últimas dos variables se consideraron relevantes dado que se han empleado en la estimación de modelos de distribución potencial en la región de estudio (Juárez-García *et al.*, 2021; Nolasco-García *et al.*, 2023).

Tabla 1. Variables ambientales y bioclimáticas utilizadas para determinar la distribución potencial de *Solanum nigrum* en Guanajuato.

Código	Descripción de la variable	Unidad
Bio1	Temperatura promedio anual	°C
Bio2	Variación diurna de la temperatura	°C
Bio3	Isotermalidad	Adimensional
Bio4	Estacionalidad de la temperatura	CV
Bio5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	°C
Bio6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío	°C
Bio7	Variación anual de la temperatura	°C
Bio8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso	°C
Bio9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco	°C
Bio10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	°C
Bio11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	°C
Bio12	Precipitación anual	mm
Bio13	Precipitación del periodo más lluvioso	mm
Bio14	Precipitación del periodo más seco	mm
Bio15	Estacionalidad de la precipitación	CV
Bio16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso	mm
Bio17	Precipitación del cuatrimestre más seco	mm
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido	mm
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío	mm
Bio20	Altitud	m
Bio21	Régimen de humedad del suelo	días

Fuente: Elaboración propia



Resultados y discusión

El estudio de distribución potencial determinó que de las 21 variables ambientales analizadas, cinco son las que tienen mayor contribución porcentual para determinar la probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en Guanajuato (Tabla 2).

Tabla 2. Contribuciones porcentuales de las principales variables bioclimáticas en el modelo MaxEnt para *S. nigrum*

Variable	Contribución porcentual
Altitud	34
Temperatura mínima promedio del período más frío	14
Régimen de humedad	12
Estacionalidad de la precipitación	12
Estacionalidad de la temperatura	11
Total de la contribución	83

Fuente: Elaboración propia

La especie *S. nigrum* registro una probabilidad de presencia alta (0.85) cuando las altitudes se encuentran en un rango de 0 a 1000 metros de altitud, cuando la altitud está por debajo de los 2000 metros, la probabilidad de presencia de la especie decreciente, en caso de encontrarse en los 5000 m, la presencia de la especie es nula (Figura 1).

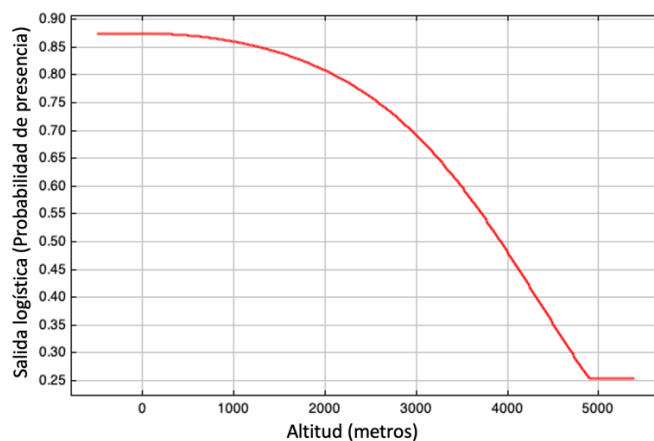


Figura 1. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable altitud (bio 20).
 Fuente: Curvas de respuesta generadas con el programa Maxent

S. nigrum presenta una probabilidad de presencia alta (0.8) cuando la temperatura se encuentra por encima de los 25°C, cuando la temperatura disminuye por debajo de los 15 °C, la probabilidad de presencia de la especie disminuye, y cuando esta se encuentra por debajo de los 5 °C, la presencia de la especie es nula (Figura 2).

S. nigrum es una planta que se encuentra ampliamente distribuida en diferentes regiones del mundo, incluyendo climas tropicales, subtropicales y templados. Sin embargo, como todas las plantas tropicales, *Solanum nigrum* tiene ciertos requerimientos y preferencias ambientales. La temperatura es un factor importante que influye en su crecimiento y distribución. Si bien la especie puede tolerar una amplia variación de temperaturas, existen ciertos límites dentro de los cuales se desarrolla mejor, por ejemplo para la especie papaya (*Carica papaya* L.) la temperatura mínima promedio del periodo más frío determina hasta en un 41% su distribución (Espinoza-Trujillo *et al.*, 2018).



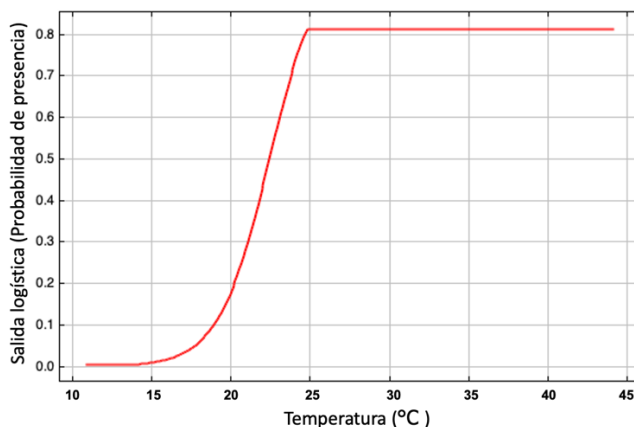


Figura 2. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable de temperatura mínima promedio del periodo más frío (Bio6).
Fuente: Curvas de respuesta generadas con el programa Maxent

La especie *S. nigrum* registro una probabilidad de presencia alta (0.8150) cuando el régimen de humedad se encuentra en un rango de 250 días, cuando el régimen de humedad disminuye menos de 250 días la probabilidad de presencia de la especie disminuye y cuando esta se encuentra por debajo de los 100 días de humedad, la presencia de la especie es nula (Figura 3).

Plantas como *S. nigrum* pueden sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo y mantener su crecimiento y desarrollo. Durante períodos de sequía, puede reducir su tasa de crecimiento y mostrar adaptaciones como hojas más pequeñas y mayor resistencia a la pérdida de agua a través de mecanismos como la cerradura estomática (Atencio *et al.*, 2014). En condiciones de humedad adecuada, la planta puede crecer de manera óptima. La disponibilidad de agua en el suelo influye en su capacidad de absorción de nutrientes y en su metabolismo general *Solanum nigrum* también puede adaptarse a condiciones de exceso de humedad en el suelo. Sin embargo, el exceso prolongado de humedad puede afectar negativamente su crecimiento y desarrollo (Grace Ogun & Kayode, 2018).

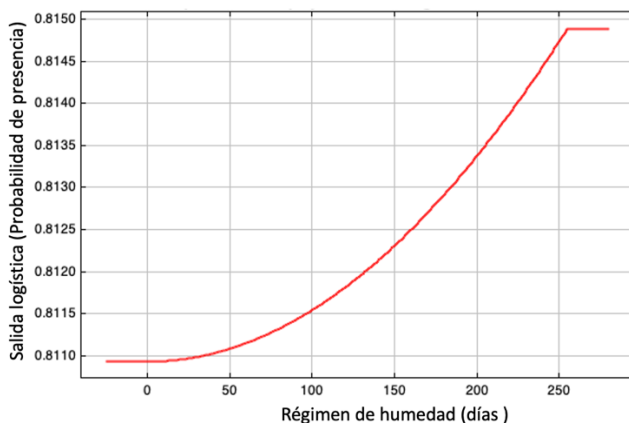


Figura 3. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable de régimen de humedad. (Bio21)
Fuente: Curvas de respuesta generadas con el programa Maxent

S. nigrum presento una probabilidad de presencia alta (0.8) cuando la estacionalidad de la precipitación se encuentra en un rango de 80 a 90, cuando se encuentra en un rango superior a los 120 las probabilidades de presencia de la especie disminuyen y cuando son inferiores a 40 la probabilidad de presencia de la especie, es nula (Figura 4). La estacionalidad de la precipitación se refiere a la variación en la cantidad de lluvia que ocurre durante diferentes épocas del año. Esta variabilidad puede tener un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, especialmente en áreas con climas estacionales marcados (Cerutti *et al.*, 2017).



En relación con la estacionalidad de la precipitación, *Solanum nigrum* ha demostrado cierta capacidad para adaptarse a diferentes patrones de lluvia. En áreas con estaciones secas pronunciadas, esta planta tiende a florecer y producir frutos durante los períodos de lluvia, aprovechando al máximo la disponibilidad de agua (Grace Ogun & Kayode, 2018).

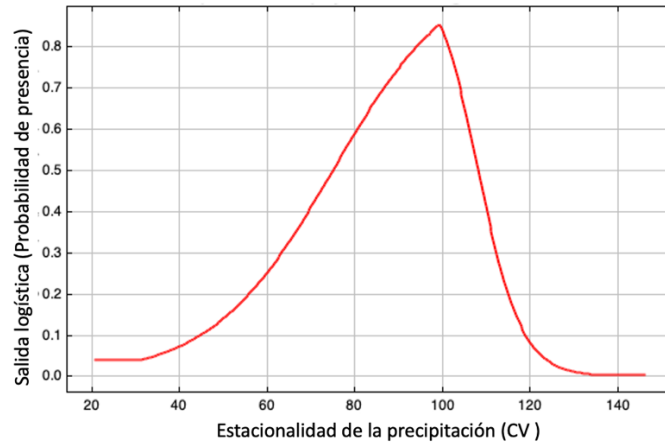


Figura 4. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable de estacionalidad de la precipitación (Bio15).
Fuente: Curvas de respuesta generadas con el programa Maxent

La especie *S. nigrum* registro una probabilidad de presencia alta (0.8) cuando la estacionalidad de la temperatura se encuentra en un rango de 20, cuando la estacionalidad de la temperatura se encuentra en un rango menor a 10 y en un rango superior a los 50, la presencia se vuelve nula (Figura 5). Considerando que *S. nigrum* es una planta de ciclo anual, significa que completa su ciclo de vida, desde la germinación hasta la producción de semillas, en un solo año. Su crecimiento óptimo ocurre en temperaturas moderadas, generalmente entre 20 y 25 °C. Temperaturas más altas pueden acelerar el desarrollo de la planta, pero también pueden afectar negativamente la producción de frutos y semillas. Por otro lado, temperaturas muy bajas pueden retrasar el crecimiento de la planta e incluso causar daños (Lopez *et al.*, 2013).

En relación con la estacionalidad de la temperatura, *S. nigrum* muestra una preferencia por las estaciones cálidas. Por lo general, germina en primavera y crece durante el verano, alcanzando su máxima altura y producción de frutos en esta temporada. Durante el otoño, la planta entra en su etapa reproductiva y produce semillas que se dispersarán para su reproducción en la siguiente temporada (Grace Ogun & Kayode, 2018).

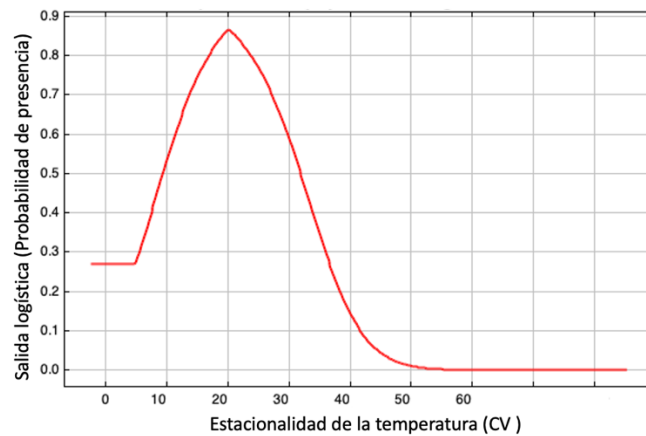


Figura 5. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable de estacionalidad de la temperatura (Bio4).
Fuente: Curvas de respuesta generadas con el programa Maxent



La distribución potencial de *Solanum nigrum* se centra en los municipios de; León (020), Silao de la Victoria (037), Guanajuato (015), Dolores Hidalgo (014), San Miguel de Allende (003) Santa Cruz de Juventino Rosas (035), Salamanca (027) y Moroleón (021). Por lo que podemos concluir que en estos municipios hay una alta probabilidad de presencia de la especie (Figura 6).

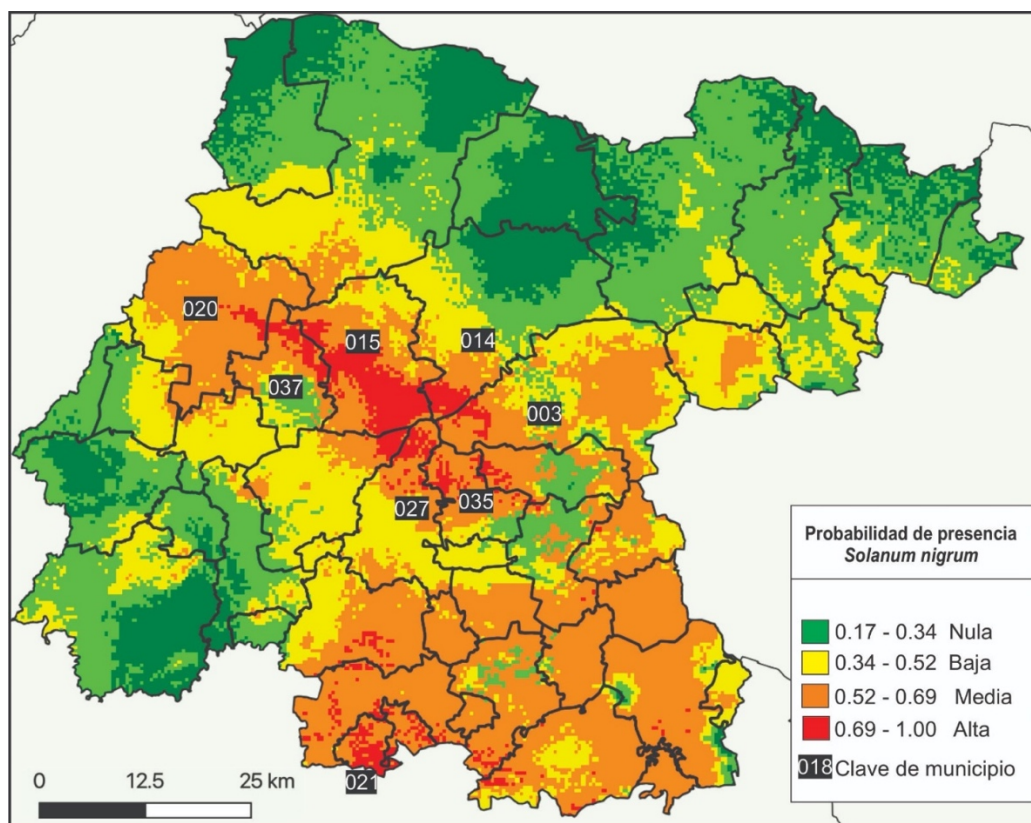


Figura 6. Probabilidad de presencia de *Solanum nigrum* en relación con la variable de estacionalidad de la temperatura (Bio4)).
Fuente: Elaboración propia con datos a partir del programa Maxent

Conclusión

Las variables con mayor contribución para el desarrollo de *S. nigrum*, son los siguientes: Altitud (34%), temperatura mínima del periodo más frío (14%), régimen de humedad (12%), estacionalidad de la precipitación (12%), estacionalidad de la temperatura (11%), precipitación del cuatrimestre más cálido (8%). Y que las zonas de mayor probabilidad de presencia de *S. nigrum* se encuentra en principalmente en ocho municipios del estado de Guanajuato.

Referencias

- Atencio, L. M., Mejía, S., & Torres, J. C. (2014). Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. *Temas agrarios*, 19(2), 244-258.
- Cerutti, A., Mónaco, N., Rosa, M. J., & Santa, V. (2017). Relación entre biomasa aérea y producción primaria neta con las variaciones estacionales de precipitaciones y temperaturas en pastizales del sur de la provincia de Córdoba. *European Scientific Journal*, ESJ, 13(5), 117-133.
- Echavarría-Soto, J., Villamizar-Villegas, M., Restrepo-Tamayo, S., Hernández-Leal, J., Echavarría, J. (2017). Impacto Del Crédito Sobre El Agro En Colombia : Evidencia Del Nuevo Censo Nacional Agropecuario.. <https://doi.org/10.32468/be.1020>



- Elith, J. and Leathwick, J. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space And Time. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 1(40), 677-697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
- Elshater, A., Salman, M., Mohamed, S. (2013). The Hepato-ameliorating Effect Of *Solanum Nigrum* Against Ccl4 Induced Liver Toxicity In Albino Rats. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences C Physiology and Molecular Biology*, 1(5), 59-66. <https://doi.org/10.21608/eajbsc.2013.16111>
- Espinosa Trujillo, E., Gámez Vázquez, A. J., Avila Perches, M. A., Palemón Alberto, F., & Hernández Ruiz, J. (2018). Distribución geográfica potencial de papaya silvestre cultivada en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1377-1388.
- Grace Ogun, D., & Kayode, J. (2018). Effect of watering regimes on early seedling growth of *Solanum macrocarpon* L.(Solanaceae). *Journal of Applied Sciences*, 18(2), 7985.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie V (capa unión)', escala: 1:250000. 2 da ed. Aguascalientes, México. INEGI, MEX. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (consultado 2 feb. 2017).
- Juan, V., Saint-Andre, H., Fernandez, R. (2003). Competencia De Lecheron (*Euphorbia Dentata*) En Soja. *Planta Daninha*, 2(21), 175-180. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582003000200002>
- Juárez-García, R. A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L. F., Ruiz-Nieto, J. E., González-Castañeda, J., & Hernández-Ruiz, J. (2021). Áreas geográficas susceptibles a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de fresa en Guanajuato, México. *Bioagro*, 33(1), 51-57.
- Keerthana, S. D., Philip, A., Abdul, R., Kumar, R., Syed, S. A., Syed, A., & Bharathi, D. R. (2022). Ethnopharmacology of *solanum nigrum*: A review. *World Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*, 48-52.
- Laurentin, H. and Quevedo, M. (2020). Caracterización Fenotípica De Tres Cultivares De Ají Dulce (*Capsicum Chinense* Jacq.) Venezolano. *Agronomía Mesoamericana*, 729-741. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40302>
- Layne-Garsaball, J. and Méndez-Natera, J. (2006). Efectos De Extractos Acuósos Del Follaje Del Corocillo (*Cyperus Rotundus* L.) Sobre La Germinación De Semillas Y El Crecimiento De Plántulas De Ajonjolí (*Sesamum Indicum* L.) CV. Arapatol S-15. *Idesia (Arica)*, 2(24). <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000200008>
- López, N. M., Meseguer, I. O., López, N. Y., & González, L. C. (2013). Arvenses del género *Solanum* L. y cultivos asociados en agroecosistemas de dos municipios de Cienfuegos, Cuba, carácter invasor, criterio de impacto y distribución potencial. *Revista Científica Agroecosistemas*, 1(1).
- Nolasco-García, L. I., Marín-León, J. L., Mireles-Arriaga, A. I., Ruiz-Nieto, J. E., & Hernández-Ruiz, J. (2023). Áreas geográficas susceptibles al virus rugoso del tomate (ToBRFV) en Guanajuato, México. *Bioagro*, 35(1), 13-20.
- Maples-Vermeersch, M. (1992). Regímenes de humedad del suelo en Hidrogeografía IV.6.2 Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Ciudad de México, México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pelayo, V., García, J., López, S., Helguera, O. (2018). Estudio Etnobotánico Y Evaluación Citotóxica De Extractos Etanólicos De Plantas De Uso Medicinal En Tlalchi, Ixhuacán De Los Reyes, Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2.Especial(6), 34-41. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i2.especial.253>
- Phillips, S.J., Dudík, M., & Schapire, R.E. (2019). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Retrieved from http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- Saibu, G. and Adu, O. (2020). Investigation Of the Antioxidant Potential And Toxicity Of The Whole Leaf Of *Solanum Nigrum* In Albino Rats. *Journal of Research and Review in Science*, 1(7). <https://doi.org/10.36108/jrrslasu/0202.70.0120>



- Salem, N. M., Abumuslem, M., Turina, M., Samarah, N., Sulaiman, A., Abu-Irmaileh, B., & Ata, Y. (2022). New weed hosts for tomato brown rugose fruit virus in wild Mediterranean vegetation. *Plants*, 11(17), 2287.
- Sohrabipour, S., Kharazmi, F., Soltani, N., Kamalinejad, M. (2013). Effect Of the Administration Of *Solanum Nigrum* Fruit On Blood Glucose, Lipid Profiles, And Sensitivity Of The Vascular Mesenteric Bed To Phenylephrine In Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Medical Science Monitor Basic Research*, (19), 133-140. <https://doi.org/10.12659/msmbr.883892>.

