

Distribución conocida y potencial de fresa silvestre (*Fragaria vesca*) en México

Oscar Joaquín Velasco Durán¹, María Guadalupe Herrera Ramírez¹, Claudia Gutiérrez Martínez¹, Jesús Hernández Ruiz^{2*}, Jorge Eric Ruiz Nieto², Ana Isabel Mireles Arriaga², Eduardo Arath Zuñiga Bermudez³

¹Alumno, Licenciatura en Agronegocios, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico.

²Profesor, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. *Dirección de correo electrónico: hernandez.jesus@ugto.mx

³Alumno, Licenciatura en ingeniería en mecatrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato

Resumen

Una de las especies de fresa silvestre (*Fragaria vesca*) posee rasgos de interés para la resistencia del estrés abiótico y biótico, así como características peculiares de aroma en el fruto. Sin embargo, el reporte de colectas de esta es reducido por lo cual el objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución conocida y potencial de *F. vesca* en México. La metodología empleada consistió en la búsqueda de datos de ubicación geográfica en el Herbario Nacional de México y de la plataforma iNaturalist para realizar el modelo de distribución potencial, mediante el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), con el uso de 23 variables bioclimáticas como predictores. Se encontró que en una superficie aproximada de 13,789 Km², que se distribuye principalmente en los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Ciudad de México, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Durango, Coahuila, Nuevo León, Oaxaca, Chiapas y Veracruz existen las condiciones climáticas para la probabilidad de presencia de *Fragaria vesca*. Las variables climáticas que principalmente propician esta incidencia son temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (41%), altitud (32%), precipitación anual (8%), temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (6%).

Palabras clave: Idoneidad ambiental, MaxEnt, parientes silvestres, fresa

Introducción

Los parientes silvestres de cultivos incluyen tanto a los antepasados de los cultivos como a otras especies más o menos estrechamente vinculadas con ellos. Son una fuente vital de genes de resistencia contra enfermedades, plagas y factores de estrés como las sequías y las temperaturas extremas (Hunter y Heywood, 2012). Para el caso del cultivo de fresa se reconocen cerca de 22 especies silvestres del género *Fragaria* (Liston et al., 2014) donde cada especie es endémica o específica para cada área, las cuales se distribuyen de manera natural en todo el holártico a excepción de las islas del Atlántico norte de Groenlandia, las Islas Feroe y Svalbard (Staudt, 1999).

En México se reporta la presencia de dos subespecies de *Fragaria vesca*; *F. vesca* subsp. *Bracteata* y *F. vesca* subsp. *Californica*. Estas variedades poseen rasgos de interés para la resistencia tanto al estrés abiótico como al biótico, así como características peculiares de aroma en el fruto (Hilmarsson et al., 2017).

En México al finalizar el ciclo agrícola 2019 se cultivaron alrededor de 17,000 hectáreas de fresa con una producción cercana a 700,000 toneladas (SIAP, 2020). Sin embargo, el cultivo presenta afectaciones por diferentes enfermedades, principalmente las de tipo fungoso (Martínez et al., 2010; García et al., 2021). Por lo cual las características de *F. vesca* resultan importantes, ya que pueden ser incluidos en cultivares mediante programas de mejoramiento genético, sin embargo, para ello se requiere una comprensión integral de los patrones biogeográficos de las poblaciones de interés, por lo cual el objetivo del presente trabajo fue realizar una consulta de bases de datos digitales del registro de la distribución conocida de fresa silvestre en México y a partir de esta elaborar mediante el algoritmo de máxima entropía un mapa de distribución potencial.

Metodología

Se consideró el territorio de la República Mexicana como escala geográfica (Oeste) -118.365119934082, (Este) -86.7104034423828, (Norte) 32.7186546325684, (Sur) 14.5320978164673. Para la distribución conocida de *Fragaria vesca* las coordenadas geográficas fueron obtenidas por medio de la base digital del Herbario Nacional del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM: MEXU) y de la plataforma iNaturalist.org (<https://www.naturalista.mx/>) y los registros. Para el análisis de distribución potencial, se utilizó el programa MaxEnt 3.4.1 (Phillips et al., 2019), Se utilizaron 23 variables (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 las capas en formato vectorial de uso de suelo y vegetación se tomaron de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (INEGI, 2013). El régimen de humedad del suelo también se adquirió de la misma comisión (Maples-Vermeersch, 1992).

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
Bio22	Cobertura del suelo	23 tipos
Bio23	Perfil edáfico	19 tipos

Tabla 1. Variables ambientales y bioclimáticas utilizadas para determinar la distribución potencial de *Fragaria vesca* en México.

Resultados

Distribución conocida

En la República mexicana los registros de *F. vesca* encontrados fueron en total 115 registros de los cuales 38 pertenecen al herbario IBUNAM, mientras que los otros 97 registros pertenecen a iNaturalist.org. La mayoría de los sitios de registros de *F. vesca* en el herbario de IBUNAM, se encontraron dentro del estado de Michoacán con un total de 8 registros entre los años de 1961 a 2011, de los cuales 3 de ellos pertenecen a el municipio de Zitácuaro (IBUNAM: MEXU:1315576, IBUNAM: MEXU:1304645, IBUNAM: MEXU:1367988), 1 de ellos en el municipio de Carácuaro (IBUNAM: MEXU:215323), 1 a Ocampo (IBUNAM: MEXU:1452130) y 1 a Senguio (IBUNAM: MEXU:1452131), 2 de ellos no se encontró municipio. Por su parte la información consultada en la plataforma de iNaturalist la mayoría se reportan para el estado de Puebla (13 registros), Durango (11 registros), CDMX (14 registros) y Chihuahua (6 registros).

Distribución potencial

El análisis de distribución potencial para *F. vesca* presentó un valor de área bajo la curva (AUC) de 0.967. Se considera que un valor de AUC arriba de 0.7 es un buen ajuste, dado que un modelo ideal sería aquel con una sensibilidad con valor de 1 y la tasa de falsos negativos sea 0 (Hanley *et al.*, 2014). El estudio de distribución potencial determinó que, de las 23 variables ambientales analizadas, cuatro son las que tienen mayor contribución porcentual para determinar la posibilidad de presencia de *F. vesca* en México (Tabla 2).

Variable	Contribución porcentual
Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (bio10)	41
Altitud (bio20)	32.6
Precipitación anual (bio_12)	8.8
Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (bio 8)	6.1
TOTAL DE LA CONTRIBUCIÓN	88.5

Tabla 1. Contribuciones porcentuales de las principales cuatro variables bioclimáticas en el modelo MaxEnt para *Fragaria vesca*.

El territorio con la mayor probabilidad de presencia (0.77–1) cubre un área de aproximadamente 13,789 Km² y se localiza principalmente en los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Ciudad de México, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala y Querétaro (figura 1). Dentro del estado de Jalisco las zonas potenciales se encuentran en cuatro municipios: San Gabriel, Tonila, Tuxpan y Zapotitlán de Vadillo. En el estado de Colima las zonas potenciales se encuentran en el municipio de Comala.

El estado de Michoacán son 22 municipios que presentan una alta probabilidad de presencia (Acuitzio, Charapan, Cherán, Epitacio Huerta, Erongarícuaro, Hidalgo, Los Reyes, Maravatío, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Pátzcuaro, Peribán, Queréndaro, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Tangancícuaro, Uruapan, Zacapu, Zinapécuaro y Zitácuaro). El estado de México las zonas se encuentran distribuidas en 29 municipios: Acambay, Aculco, Calimaya, Chapa de Mota, Coatepec, Huixquilucan, Isidro Fabela, Jilotepec, Jilotzingo, Jiquipilco, Joquicingo, Lerma, Morelos, Nicolás Romero, Ocoyoacac, Ocuilan, Otzolotepec, Temascaltepec, Temoaya, Tenancingo, Tenango del Valle, Tianguistenco, Tmilpan, Toluca, Villa del Carbón, Villa Guerrero, Xalatlaco, Xonacatlán y Zinacantepec.

En la Ciudad de México se han localizado 6 municipios con alta probabilidad de presencia de *F. vesca* (Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco). Dentro del estado de Morelos, se han identificado zonas potenciales en cuatro municipios: Huitzilac, Tepoztlán, Tetela del Volcán y Tlalnepantla. En el estado de Hidalgo presenta 15 municipios con alta probabilidad de encontrar *F. vesca* (Acatlán, Almoloya, Apan, Cuautepac de Hinojosa, Epazoyucan, Ixmiquilpan, Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Omitlán de Juárez, Pachuca de Soto, Singuilucan, Tenango de Doria, Tepeapulco y Tlanalapa). Al interior del estado de Tlaxcala se identificaron zonas potenciales distribuidas en 15 municipios: Atltzayanca, Calpulalpan, Chiauitempan, Emiliano

Zapata, Española, Huamantla, Ixtenco, Nanacamilpa de Mariano Arista, San Francisco Tetlanohcan, San José Teacalco, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Teolocholco, Terrenate, Tlaxco y Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos.

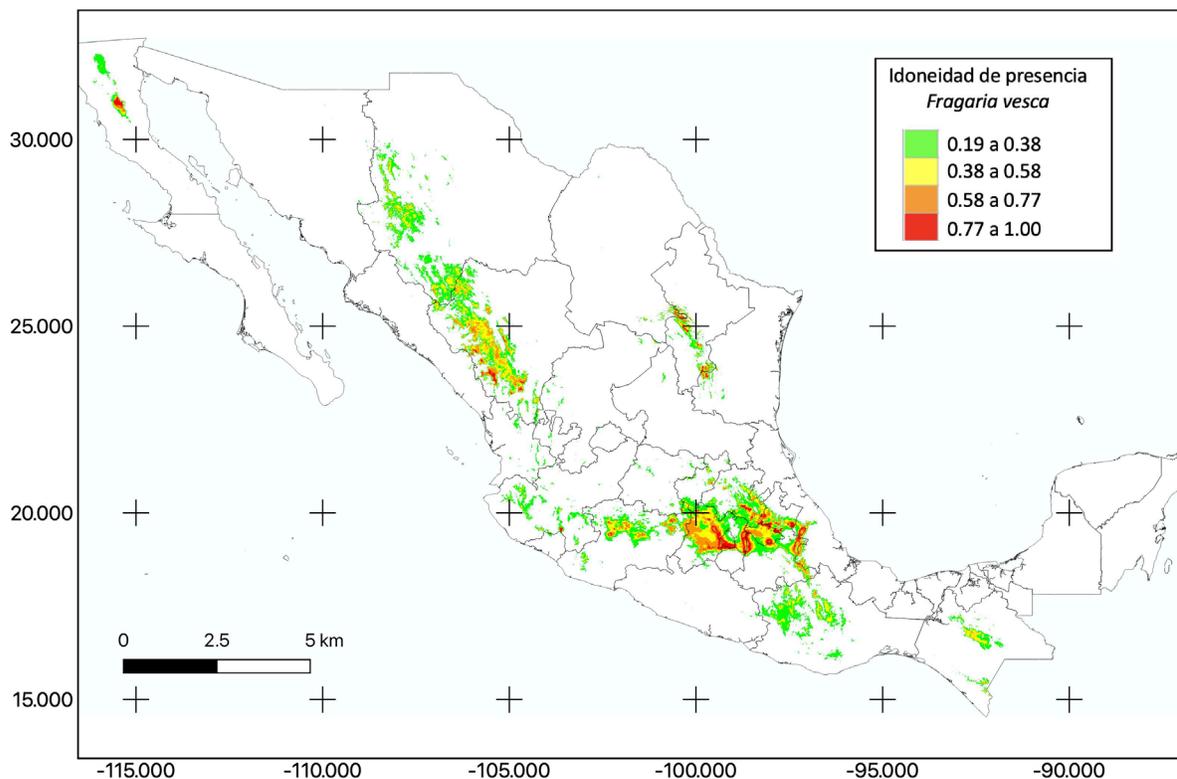


Figura 1. Mapa de distribución potencial para *Fragaria vesca* en México.

También se observan pequeñas áreas con alta probabilidad de presencia de *F. vesca*, en el norte de la república mexicana, en los estados de Durango, Coahuila y Nuevo León y al Sureste del país se observan en los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz.

Conclusión

El modelo de distribución potencial para *F. vesca* indica que en México existe un aproximado de 13,789 Km², con características ambientales favorables para el desarrollo de la especie y que las variables ambientales que favorecen la idoneidad de presencia son temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (41%), altitud (32%), precipitación anual (8%), temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (6%).

Bibliografía

- García, R. A. J., Gómez, D. S., Santoyo, L. F. R., Nieto, J. E. R., González, J. P., & Ruiz, J. H. (2021). Áreas geográficas susceptibles a fusarium oxysporum en el cultivo de fresa en guanajuato, México. *Bioagro*, 33(1), 51-58.
- Hilmarsson, H. S., Hytönen, T., Isobe, S., Göransson, M., Toivainen, T., & Hallsson, J. H. (2017). Population genetic analysis of a global collection of *Fragaria vesca* using microsatellite markers. *PloS one*, 12(8), e0183384.
- Hunter, D., & Heywood, V. (2012). *Parientes silvestres de los cultivos: manual para la conservación in situ*. 531 p. ISBN: 978-92-9043-886-1.

- 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).
- Liston, A., Cronn, R., & Ashman, T. L. (2014). *Fragaria*: a genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American journal of botany*, 101(10), 1686–1699.
- 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.
- Martínez, F., Castillo, S., Carmona, E., & Avilés, M. (2010). Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. *Scientia horticultrae*, 125(4), 756–760.
- 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/
- SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen nacional por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do (consulta de Jun 15, 2021).
- Staudt, G. (1999). Systematics and geographic distribution of the American strawberry species: Taxonomic studies in the genus *Fragaria* (Rosaceae: Potentilleae) (Vol. 81). Univ of California Press.