

Modelación de nicho ecológico y distribución potencial de *Myrospermum sousanum* A.Delgado & M.C.Johnst.

Adrián González-Martínez^{1,2*}

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas,

¹Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sostenible-Laboratorio de Paleobiología. Ave. de los Rectores s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

²Flora de Nuevo León (@floradenuvoleon).

*Autor para correspondencia: adrian.gonzalezmtz@uanl.edu.mx

Resumen

Myrospermum sousanum A. Delgado & M.C. Johnst. es una especie endémica del noreste de México, perteneciente a la familia Fabaceae y reconocida por el agradable aroma a canela que emiten sus hojas y flores. Forma parte de la comunidad vegetal del matorral submontano, habitando cañones y valles semiáridos entre las montañas del noroeste de Nuevo León. Su distribución geográfica es restringida; originalmente se consideraba limitada a tres municipios de Nuevo León, entre las sierras de Lampazos y Bustamante, aunque registros recientes amplían su presencia hacia el piedemonte de la Sierra de Picachos y, más al sur, en la zona metropolitana de Monterrey. En este estudio se modeló el nicho ecológico y la distribución potencial de la especie mediante un enfoque de ensamblaje basado en tres algoritmos de aprendizaje supervisado: *Random Forest* (RF), *Support Vector Machines* (SVM) y *Boosted Regression Trees* (BRT), utilizando variables bioclimáticas y topográficas. Los resultados indican que la precipitación del mes más seco, la isothermalidad y la pendiente fueron las variables más determinantes para definir su distribución potencial, estimada en 6,907 km². El modelo sugiere una preferencia de la especie por sitios con baja variación anual de temperatura y un marcado déficit de precipitación durante el invierno.

Palabras clave: falsa canela arroyera, Fabaceae, Nuevo León.

Abstract

Myrospermum sousanum A. Delgado & M.C. Johnst. is an endemic species from northeastern Mexico belonging to the family Fabaceae, characterized by the pleasant cinnamon scent emitted by its leaves and flowers. It is part of the sub-

montane scrub plant community, inhabiting semi-arid canyons and valleys among the mountains of northwestern Nuevo León, Mexico. Its geographic range is restricted; it was originally thought to be confined to three municipalities of Nuevo León, between the Sierra de Lampazos and the Sierra de Bustamante, although recent records extend its presence to the foothills of the Sierra de Picachos and farther south, into the metropolitan area of Monterrey. In this study, we modeled the ecological niche and potential distribution of the species using an ensemble approach based on three supervised learning algorithms: *Random Forest* (RF), *Support Vector Machines* (SVM), and *Boosted Regression Trees* (BRT), incorporating bioclimatic and topographic variables. The precipitation of the driest month, isothermality, and slope were the most influential variables in defining a potential distribution area of 6,907 km². The model indicates a preference for areas with low annual temperature variation and a marked rainfall deficit during winter.

Keywords: arroyo sweetwood, Fabaceae, Nuevo León.

Introducción

La familia Fabaceae, también conocida como Leguminosae, conforma uno de los grupos más diversos de angiospermas, tan sólo por detrás de las orquídeas (Orchidaceae) y las compuestas (Asteraceae). Hoy en día se reconocen entre 770 y 930 géneros, y entre 19,500 y 23,500 especies (Bánki *et al.*, 2025; Zhang *et al.*, 2020). Esta elevada cuenta de taxones está reflejada en su diversidad de formas, desde herbáceas anuales hasta altos árboles, así como en su diversidad

de hábitats, dominando en ecosistemas tropicales a subtropicales y siendo parte importante de las comunidades templadas, subalpinas y alpinas (Lewis *et al.*, 2005).

Las fabáceas son alimentos básicos en casi todas las tradiciones culinarias del mundo, donde sus frutos (vainas) y semillas secas (llamadas leguminosas o pulsos) son apreciadas por su sabor y aporte nutrimental. Podemos resaltar a los frijoles, habas, lentejas, alubias, soya, chícharos, ejotes o frijoles verdes y, localmente en el noreste de México, las maguacatas del ébano mexicano (*Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J.W. Grimes) y las dulces vainas de los mezquites (*Neltuma* spp.), que además proveen recursos forestales. Otras plantas de esta familia producen materia prima industrial como pigmentos rojos y violetas en el palo de Campeche (*Haematoxylum campechianum* L.) hasta azul intenso o añil en el índigo (*Indigofera* spp.) y se aprovechan para la fabricación de textiles, pulpa de madera, combustible, forraje, entre otros usos (Alvarado-Vázquez *et al.*, 2010; Lewis *et al.*, 2005).

México es un lugar biogeográficamente privilegiado, siendo el punto donde las biotas neárticas y neotropicales coalescen y encuentran fértil terreno en amplias llanuras costeras, abruptas y estridentes cadenas montañosas bañadas por los barloventos del Golfo de México y el Océano Pacífico, una altiplanicie de extensión subcontinental, desiertos cálidos y fríos, praderas alpinas, entre otros innumerables alicientes fisiográficas que alimentan una maquinaria evolutiva constructora de endemismos. Bajo este contexto, Fabaceae es la segunda familia de plantas más diversa en el territorio mexicano con casi 2,000 especies, de las cuales, casi la mitad son endémicas al país y, en su mayoría, restringidas a zonas áridas y semiáridas (Delgado-Salinas *et al.*, 2021; Estrada-Castillón *et al.*, 2024; Rzedowski, 1991a, 1991b; Villaseñor, 2016).

En la región noreste de México, nominalmente comprendida por los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, se refleja la amplia diversidad ecosistémica y biológica de México. Al este, la Planicie Costera del Noreste colinda directamente con el Golfo de México y está fuertemente influenciada por la humedad y tormentas tropicales aportadas por las corrientes cálidas

del Mar Caribe, hacia el oeste se ubica el corazón del Desierto Chihuahuense y el Altiplano Mexicano, con vastas extensiones de desiertos subtropicales (Morro-ne, 2019) y entre estos dos extremos cruza la Sierra Madre Oriental, un complejo de pliegues-cabalgaduras de origen sedimentario marino que se extiende en dirección sureste-noroeste (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2000).

El norte de la Sierra Madre Oriental no es un macizo continuo como la Gran Sierra Plegada, sino una serie de serranías y plegamientos adyacentes (INEGI, 1983), que incluye algunos puntos de interés y reconocimiento regional como son las sierras de la Silla, las Mitras, la Paila, de Minas Viejas, de San Marcos y Pinos, de Lampazos, de Gomas, de Picachos, de Maderas del Carmen, entre muchas otras que se extienden hasta más allá del Río Bravo y culminan en las Montañas de Guadalupe, en el estado de Texas. Estas serranías menores al norte de los estados de Nuevo León y Coahuila albergan una gran cantidad de microclimas auspiciados por los contactos entre cañones y bajadas con las extensas planicies del noreste de México, donde climas y vegetaciones semidesérticas conviven con comunidades más afines a las templadas, siendo el Matorral Submontano - un tipo de vegetación dominado por fabáceas arbustivas y subinermes- el mejor ejemplo de estas zonas transicionales (Salinas-Rodríguez, 2018).

Entre las más de 90 especies de fabáceas que se han registrado en esta región (Estrada-Castillón *et al.*, 2005), se destaca la Falsa canela arroyera (*Myrospermum sousanum* A.Delgado & M.C.Johnst.) [Figura 1], un árbol de hasta 8 m de alto, con corteza rugosa marrón, madera dura y densa, hojas compuestas, imparipinnadas y deciduas de hasta 24 cm de largo, fuertemente olorosas; con inflorescencias de hasta 10 flores de corola papilionácea de color blanco, también con un aroma similar a la canela, y frutos como vainas cartáceas en su madurez con 1-3 semillas marrones (Delgado-Salinas & Johnston, 1984) y número cromosómico $2n=26$ (Hernández & Mercado, 1992).

Originalmente se describió a partir de ejemplares silvestres recolectados al norte del estado de Nuevo León (municipios de Agualeguas, Bustamante y Villaldama), así como de una localidad al sur de Texas donde era



Figura 1. *Myrospermum sousanum*, especie propia del matorral submontano en los valles del noroeste de Nuevo León.
Fotografía: Carlos Gerardo Velazco Macías.

cultivada como ornamental (Delgado-Salinas & Johnston, 1984). Es considerada como endémica en el estado de Nuevo León (Alanís-Flores *et al.*, 2004; Delgado-Salinas & Johnston, 1984; Estrada-Castillón *et al.*, 2014; Salinas-Rodríguez *et al.*, 2018; Sousa-Sánchez *et al.*, 2001; Velazco-Macías *et al.*, 2011), pero es notable que recientemente se ha reportado en el centro-sur del estado de Coahuila (Zamudio-Pérez, 2024), dentro de la delimitación biogeográfica del “Megacoahuila”, definida por Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez (2005), sin que existan aún ejemplares de herbario recolectados en esta zona.

Esta especie de distribución restringida no es protegida por las leyes mexicanas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero es catalogada como Amenazada

(*Endangered*) en la Lista Roja de Especies en Peligro de la UICN, donde se le asigna una distribución potencial de aproximadamente de 4,500 km² y un área de ocupación de 32 km², donde sus principales presiones son la deforestación, el sobrepastoreo y la expansión urbana (Machuca-Machuca *et al.*, 2021).

Considerando lo anteriormente expuesto, resulta prioritario evaluar la distribución potencial de *M. sousanum* mediante herramientas propias de la biogeografía de la conservación (Richardson & Whittaker, 2010; Whittaker *et al.*, 2005), particularmente a través de los modelados de distribución de especies (MDE). Estos se definen como representaciones cartográficas del espacio ambiental o ecológico de una especie, obtenidas a partir de la correlación estadística entre los registros geográficos

de presencia y los valores de diversas variables ambientales (Mateo *et al.*, 2011), con fundamento en el concepto de nicho propuesto por Hutchinson (1957). Para su construcción se emplean observaciones georreferenciadas y coberturas ambientales —también llamadas predictores—, que usualmente son variables físicas continuas tales como temperatura, precipitación o pendiente, expresadas en formato ráster. Cada variable actúa como un eje dentro del hipervolumen *n*-dimensional que define los valores de idoneidad ambiental, los cuales posteriormente se proyectan de nuevo sobre el espacio geográfico (Peterson *et al.*, 2011; Soberón *et al.*, 2017). Este enfoque permite estimar áreas potencialmente adecuadas para la especie y explorar patrones espaciales asociados a su distribución actual y potencial.

Material y métodos

Área de Trabajo

Se recuperaron 53 puntos de observación de *M. sousanum*, ubicados en los estados de Nuevo León (52) y Coahuila (1) de la plataforma GBIF (Global Biodiversity Information Facility, <https://www.gbif.org/es/>), incluyendo registros obtenidos por ciencia ciudadana (iNaturalist, <https://www.inaturalist.org/>) y ejemplares de herbario georreferenciados. Estos se distribuyeron en tres grupos principales; uno al norte del estado de Nuevo León (Bustamante, Villaldama y Sabinas Hidalgo), otro grupo cercano a las sierras de Picachos y Papagayos (General Zuazua, Marín y Doctor González), y finalmente, en el centro del estado (Monterrey, Santa Catarina, García e Hidalgo). El punto anómalo en Coahuila se ubica al norte del municipio de Saltillo. A

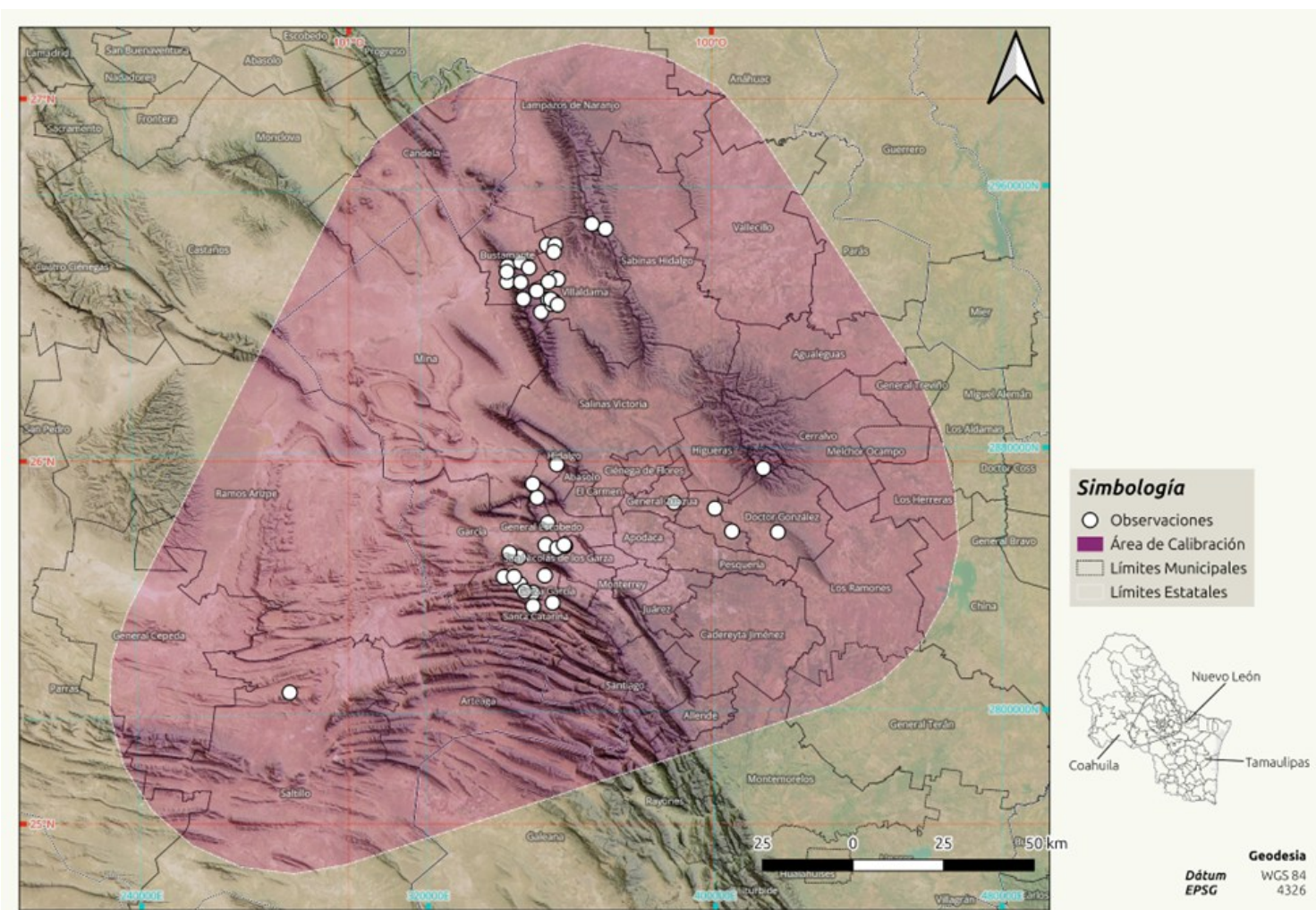


Figura 2. Área de trabajo, ubicada en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, al noreste de México. Los registros de observación se muestran como círculos blancos. El polígono púrpura representa el área de calibración para la modelación de *M. sousanum*.

partir de estos registros, se delimitó un polígono mínimo convexo con un amortiguador (*buffer*) de 30 minutos-arco (aprox. 51 km) el cual se utilizó como área de modelación y máscara delimitadora para los predictores (Figura 2).

Variables Predictoras

Para esta especie se consideraron las 19 variables bioclimáticas, definidas como indicadores derivados de los valores mensuales de temperatura y precipitación que determinan la distribución de especies, diseñados para resumir patrones climáticos relevantes para los organismos vivos y, en particular, de plantas (Booth *et al.*, 2014; Nix & Longmore, 1986) [Tabla 1], obtenidas de la plataforma CHELSA para el periodo 1981-2010 (Karger *et al.*, 2017, 2018), además de dos variables topográficas derivadas de un modelo digital de elevación (DEM) surgido en la misma plataforma: la pendiente del terreno y el aspecto (dirección cardinal de la orientación del relieve, donde 0° corresponde al norte y 180° al sur), todas con resolución aproximada de 1 km² al ecuador. Todas las variables fueron sometidas a un análisis de colinealidad, mediante la evaluación de las correlaciones de Pearson ($r > 0.7$) (Dormann *et al.*, 2013) y el factor de inflación de la varianza [$VIF > 10$] (Naimi *et al.*, 2014), con el propósito de eliminar aquellas que proporcionaban información redundante y conservar únicamente el conjunto de variables no correlacionadas para los análisis posteriores (Feng *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2019). Tras este proceso, las variables predictoras resultantes y utilizadas en la modelación fueron el aspecto, pendiente y las bioclimáticas 02, 03, 09, 14 y 18.

Modelación

Dentro del entorno *RStudio* versión 2025.09.1+401 (<https://posit.co/download/rstudio-desktop/>) y usando la paquetería ‘*sdm*’ versión 1.2-32 (Naimi & Araújo, 2024), se modeló la distribución de *M. sousanum* utilizando tres algoritmos de aprendizaje supervisado de manera conjunta: *Random Forest* [‘bosques aleatorios’, RF], metodología que aplica múltiples árboles de decisión contruidos aleatoriamente para lograr predicciones más robustas, precisas y estables (Breiman, 2001); *Support Vector Machines* [‘máquinas de vectores de soporte’, SVM], algoritmo utilizado para clasificación y

Tabla 1. Variables bioclimáticas con unidades (Fick & Hijmans, 2017).

Código	Interpretación
bio01	Temperatura media anual (°C)
bio02	Rango diurno de temperaturas (°C)
bio03	Isotermalidad o amplitud térmica anual (%)
bio04	Temporalidad de temperaturas (°C)
bio05	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)
bio06	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
bio07	Rango anual de temperaturas (°C)
bio08	Temperatura media del cuartil más lluvioso (°C)
bio09	Temperatura media del cuartil más seco (°C)
bio10	Temperatura media del cuartil más cálido (°C)
bio11	Temperatura media del cuartil más frío (°C)
bio12	Precipitación anual (mm)
bio13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
bio14	Precipitación del mes más seco (mm)
bio15	Temporalidad de precipitación (%)
bio16	Precipitación del cuartil más lluvioso (mm)
bio17	Precipitación del cuartil más seco (mm)
bio18	Precipitación del cuartil más cálido (mm)
bio19	Precipitación del cuartil más frío (mm)

regresión, encontrando el límite (o frontera) que separa de la mejor manera posible las clases de datos dentro de un espacio multidimensional (Burges, 1998; Vapnik, 1999); y Boosted Regression Trees [‘árboles de regresión potenciados’, BRT], algoritmo que combina muchos árboles de regresión simples de forma secuencial, donde cada nuevo árbol corrige los errores del anterior (Elith *et al.*, 2008). Estas metodologías se escogieron debido a su eficiente desempeño en modelaciones con escasos registros de observación y sin ausencias verdaderas (Drake *et al.*, 2006; Mi *et al.*, 2017; Montoya-Jiménez *et al.*, 2022; Stockwell & Peterson, 2002).

Para cada algoritmo se realizaron dos tipos de replicación de datos, submuestreo (*'subsampling'*) con división aleatoria de datos al 70% para entrenamiento y 30% para verificación; y remuestreo con reemplazo (*'bootstrapping'*) [Naimi & Araújo, 2016] con 150 iteraciones por replicación, lo que resultó en un total de 300 modelos por algoritmo y 900 modelos en total. Los puntos de presencia fueron complementados con la misma cantidad ($n = 53$) de puntos de pseudoausencia, seleccionados aleatoriamente dentro del área de estudio. La paquetería *'sdm'* proporciona cuatro estadísticos de evaluación, de los cuales dos se utilizaron para valorar el desempeño de los modelos, el área bajo la curva ROC (*'Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve'*, ROC-AUC) y el estadístico de habilidad verdadera (*'true skill statistic'*, TSS). El AUC mide la capacidad del modelo para discriminar correctamente entre clases, con valores que oscilan entre 0 y 1, donde los valores más cercanos a 1 indican un mejor ajuste del modelo (Elith *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 2011; Swets, 1979), mientras que el TSS evalúa la capacidad del modelo para predecir correctamente presencias y ausencias, considerando tanto los aciertos como los errores. Sus valores varían de -1 a 1 , donde valores superiores a 0 y cercanos a 1 reflejan un mejor desempeño que el azar (Allouche *et al.*, 2006). Aunado a esto, se obtienen los valores de contribución relativa de las variables utilizadas en la modelación.

Ensamblaje

Una vez creados los modelos, estos se proyectan al espacio geográfico en rásteres de probabilidad de presencia (también interpretada como idoneidad de hábitat) con valores de 0 a 1 . Para cada uno de los dos tipos de replicación se efectuó un ensamblaje por promedio de ponderaciones (*'mean-weighted'*) y, posteriormente, se realizó un ensamblaje final por promedio ponderado (*'weighted'*) (Kindt, 2018; Marmion *et al.*, 2009). A partir de esto, se creó una cobertura booleana (presencia-ausencia) con un umbral de aceptación del 60%. El área de ocupación fue calculada con el complemento Arc-Geek 4.0.3 (Pucha-Cofrep, 2025) en QGIS 3.40 (<https://qgis.org/>).

Resultados

Evaluación de los Modelos

Los modelos generados presentaron un desempeño alto y consistente entre los tres algoritmos evaluados (RF, SVM y BRT), con una tasa de ejecución exitosa del 100% en todos los casos. La evaluación mediante el conjunto de prueba mostró valores promedio de desempeño elevados: RF obtuvo el mejor ajuste (AUC = 0.92 , TSS = 0.80), seguido por SVM (AUC = 0.88 , TSS = 0.73) y BRT (AUC = 0.87 , TSS = 0.70). En general, todos los algoritmos mostraron una alta capacidad de discriminación (AUC > 0.85) y una buena concordancia entre predicciones y observaciones (TSS > 0.7), lo que indica un buen desempeño predictivo y una adecuada robustez de los modelos.

Contribución de Variables Predictoras

El análisis de importancia de variables (Tabla 2), calculado mediante el método de permutación en las métricas de correlación de Pearson y AUC, indicó que la precipitación del mes más seco (bio14) fue la variable con mayor contribución relativa al desempeño del modelo, seguida por la isothermalidad o amplitud térmica anual (bio03) y la pendiente del terreno. Las restantes varia-

Tabla 2. Contribución relativa de las variables utilizadas en la modelación de la distribución de *M. sousanum*. COR = medida de correlación; AUC = métrica de cambio en el estadístico ROC-AUC.

Variable	Importancia	
	COR	AUC
bio14 (precipitación media del mes más seco)	39.7%	34.1%
bio03 (isothermalidad o amplitud	14.3%	10.1%
Pendiente	7.8%	5.6%
Aspecto	3.1%	2.5%
bio09 (temperatura del cuartil más seco)	3%	1.9%
bio18 (precipitación del cuartil más cálido)	2.9%	2.3%
bio02 (rango diurno de temperaturas)	2.5%	2.1%

bles (bio02, bio09, bio18 y Aspect) mostraron una influencia marginal (<5%). Estos resultados sugieren que las condiciones de aridez y estabilidad térmica son los factores más determinantes en la distribución potencial de esta especie.

Evaluación del Espacio Ambiental

Se analizaron las siete variables ambientales utilizadas en la modelación de la distribución de la especie. Las distribuciones de las variables para las localidades con presencia de la especie y las pseudoausencias se presentan mediante curvas de densidad (Figura 3, diagonal central). Se destaca que las diferencias más evidentes entre presencias y pseudoausencias se observan en las variables bio14 (precipitación del mes más seco) y bio03 (amplitud o rango térmico anual). La variable

bio14 muestra que los registros de presencias se asocian mayormente a sitios con precipitaciones más bajas durante el mes más seco, lo que podría indicar que la especie tiene afinidad por ambientes con condiciones más secas en este periodo crítico. Por otro lado, la amplitud térmica anual (bio03) es menor en los sitios con registros de presencias, sugiriendo una preferencia por ambientes con menor variabilidad térmica anual. Las demás variables no presentan diferencias claras entre presencias y pseudoausencias, lo que sugiere que estas variables podrían tener un papel menos determinante en la distribución local de la especie.

El análisis de correlaciones (Figura 3, superior derecha) reveló relaciones significativas entre varias variables. Para las presencias, se observa una correlación negati-

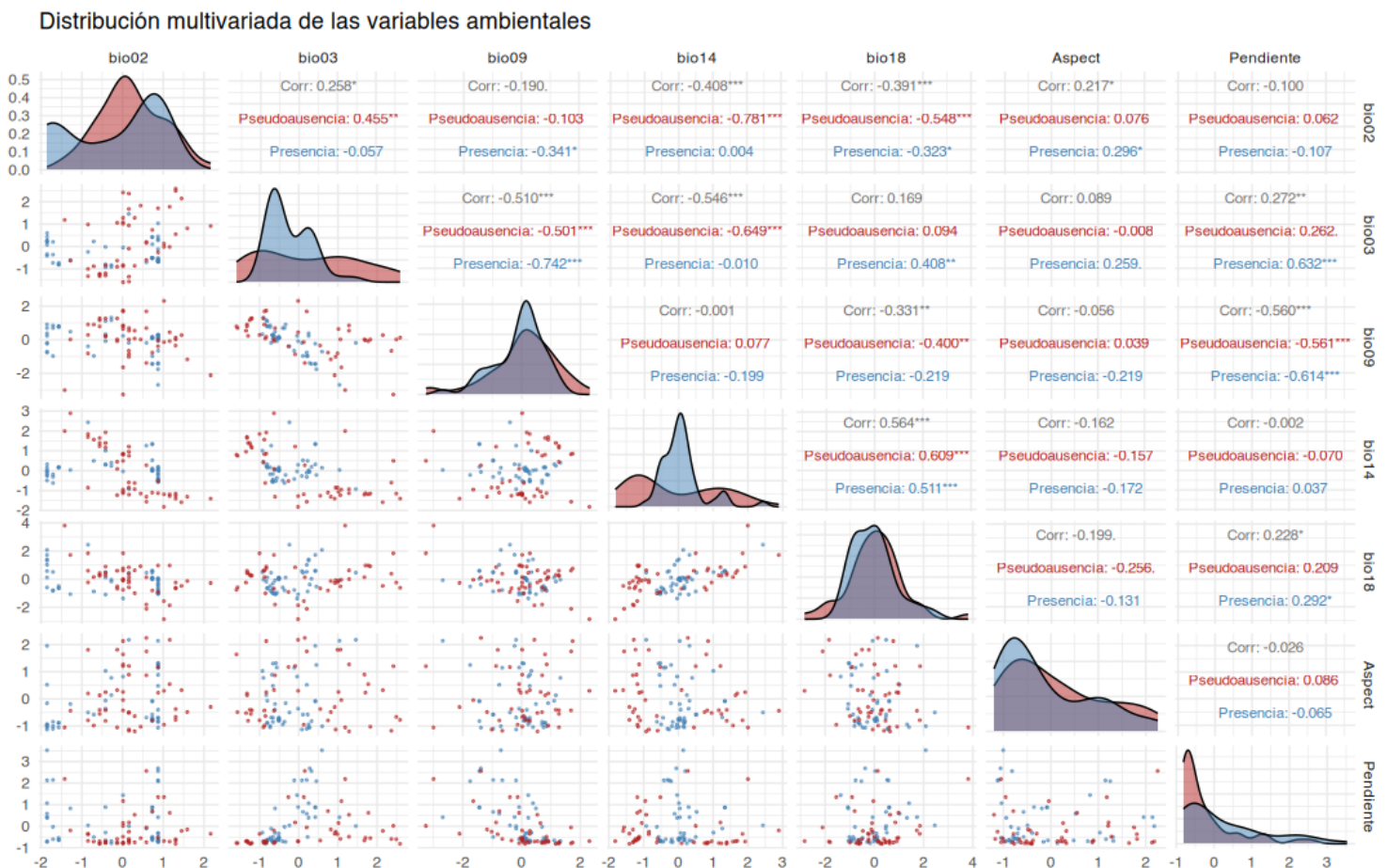


Figura 3. Análisis multivariable de la modelación de *M. soursanum*. Se muestra la comparación entre los valores de las variables ambientales para los registros de presencia (en azul) y los puntos de pseudoausencia (en rojo). En la diagonal central, las curvas de densidad representan la frecuencia relativa de las observaciones respecto a cada variable. En la sección superior derecha se presentan los coeficientes de correlación de Pearson, que indican la relación estadística entre pares de variables. En la sección inferior izquierda, los diagramas de dispersión ilustran la distribución y agrupamiento de las presencias dentro de los rangos ambientales evaluados, evidenciando los gradientes que delimitan el nicho potencial de la especie.

va fuerte y significativa entre la amplitud térmica anual (bio03) y la temperatura mínima del mes más cálido (bio09) ($r = -0.742$, $p < 0.001$). Esto indica que en los sitios donde la especie está presente, una mayor variabilidad térmica anual se asocia a temperaturas mínimas más bajas en el mes más cálido, posiblemente reflejando un patrón climático característico del hábitat favorable.

La precipitación del mes más seco (bio14) también presenta correlaciones negativas con variables térmicas, lo que sugiere que la combinación de condiciones secas y ciertas temperaturas puede ser determinante para la presencia de la especie. Asimismo, la pendiente mantiene correlaciones moderadas con algunas variables térmicas, evidenciando la influencia conjunta de la topografía y el clima local en la distribución espacial.

Los diagramas de dispersión que muestran la relación entre pares de variables ambientales (Figura 3, inferior

izquierda) revelan que las localidades con presencia de la especie tienden a agruparse en rangos específicos de las variables, especialmente en combinaciones como bio03 - bio09 y bio14 - bio03, mientras que las pseudoausencias se distribuyen generalmente de manera más dispersa o en rangos diferentes, confirmando la relevancia de estas variables para explicar las condiciones ambientales que favorecen a la especie y permite identificar gradientes ambientales clave para su modelación.

En la Figura 4, se representa el espacio ambiental de la especie considerando las tres variables más relevantes del modelo, la precipitación del mes más seco (bio14), amplitud térmica anual (bio03) y pendiente del terreno. Los puntos azules corresponden a los registros de presencia y los rojos a las pseudoausencias. Se observa que las presencias se concentran en un rango definido de valores de las tres variables, delimitado por

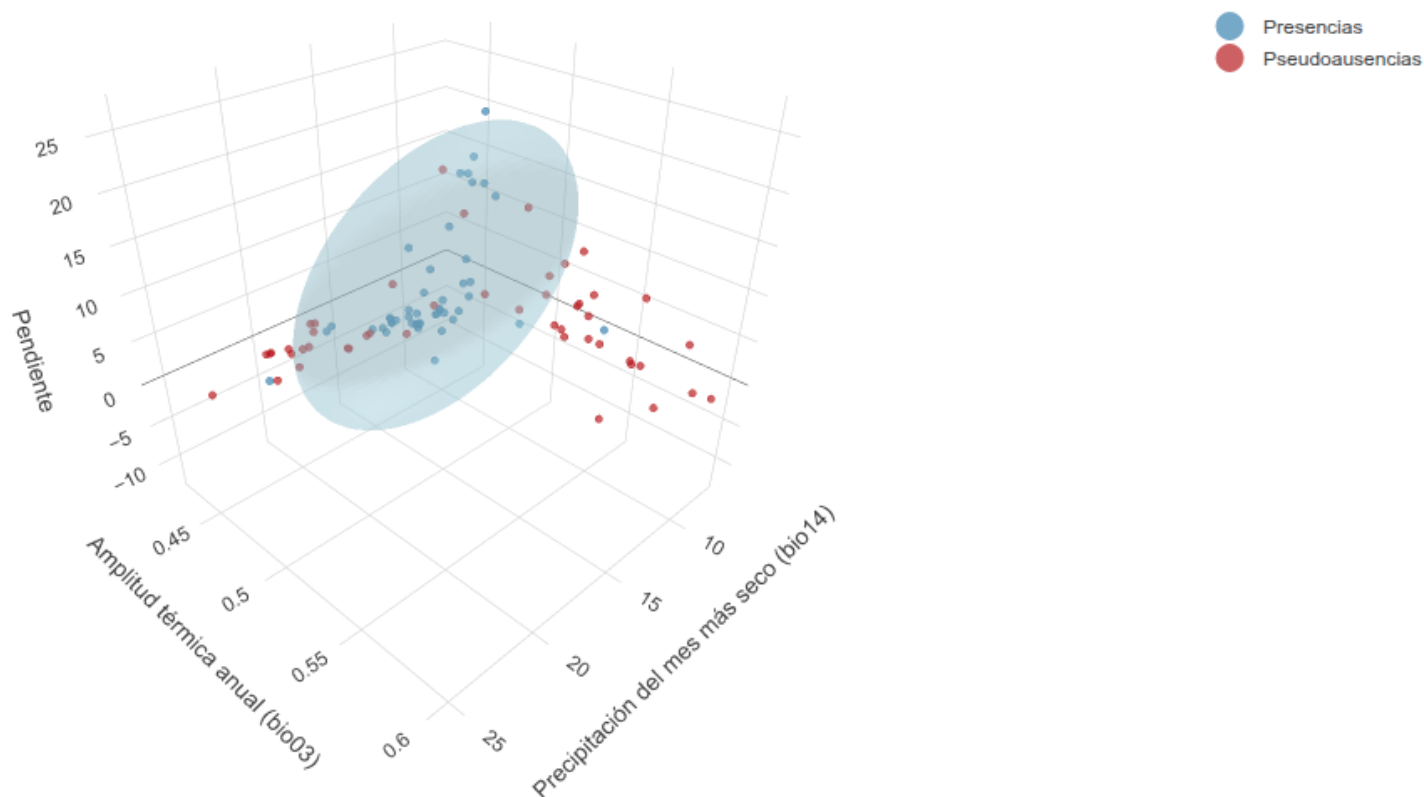


Figura 4. Espacio ambiental de *M. sousanum* definido por las tres variables de mayor contribución a la modelación (bio14, bio03 y pendiente). Los puntos de presencia (azul) se concentran de manera compacta dentro del elipsoide de idoneidad ambiental (azul claro), indicando un perfil relativamente constante de condiciones favorables. Los puntos de pseudoausencia (rojo) se distribuyen de manera más dispersa, reflejando la disponibilidad de áreas con menor idoneidad ambiental.

el elipsoide de idoneidad (95% de confianza), indicando las condiciones ambientales óptimas para la especie. La distribución sugiere que la especie prefiere áreas con precipitación moderada en el mes más seco, amplitud térmica anual intermedia y pendientes moderadas. El traslape de algunas pseudoausencias dentro del elipsoide evidencia que no todas las áreas disponibles cumplen con las condiciones favorables. Esta visualización multidimensional permite identificar zonas con alta idoneidad ambiental y comprender cómo las variables más influyentes interactúan para determinar la distribución de la especie.

Distribución Potencial

Los resultados obtenidos indican que el área de distribución potencial de *M. sousanum* abarca aproximadamente 6,907 km², concentrándose principalmente en el piedemonte y los valles de las serranías al noroeste del

estado de Nuevo León. La mayor idoneidad se observa en los valles situados entre las sierras Morena, de Bustamante, de Gomas, de Milpillas y de Lampazos, coincidiendo con la región donde fueron recolectados los ejemplares silvestres utilizados para la descripción de la especie (Figura 5).

Otras áreas con idoneidad significativa se extienden hacia el sur, incluyendo las sierras de Enmedio y de Minas Viejas, las vertientes occidentales de la sierra de Picachos, los lomeríos de Mamulique, así como las serranías de San Miguel, El Fraile, Las Mitras y hasta el extremo norte de la Gran Sierra Plegada. Hacia el norte, aunque la idoneidad del hábitat alcanza algunas serranías y lomeríos coahuilenses, como Pájaros Azules, La Gloria y Cartujanos, no se han reportado registros de la especie en estas localidades. La observación en el municipio de Saltillo se localiza en zonas con baja ido-

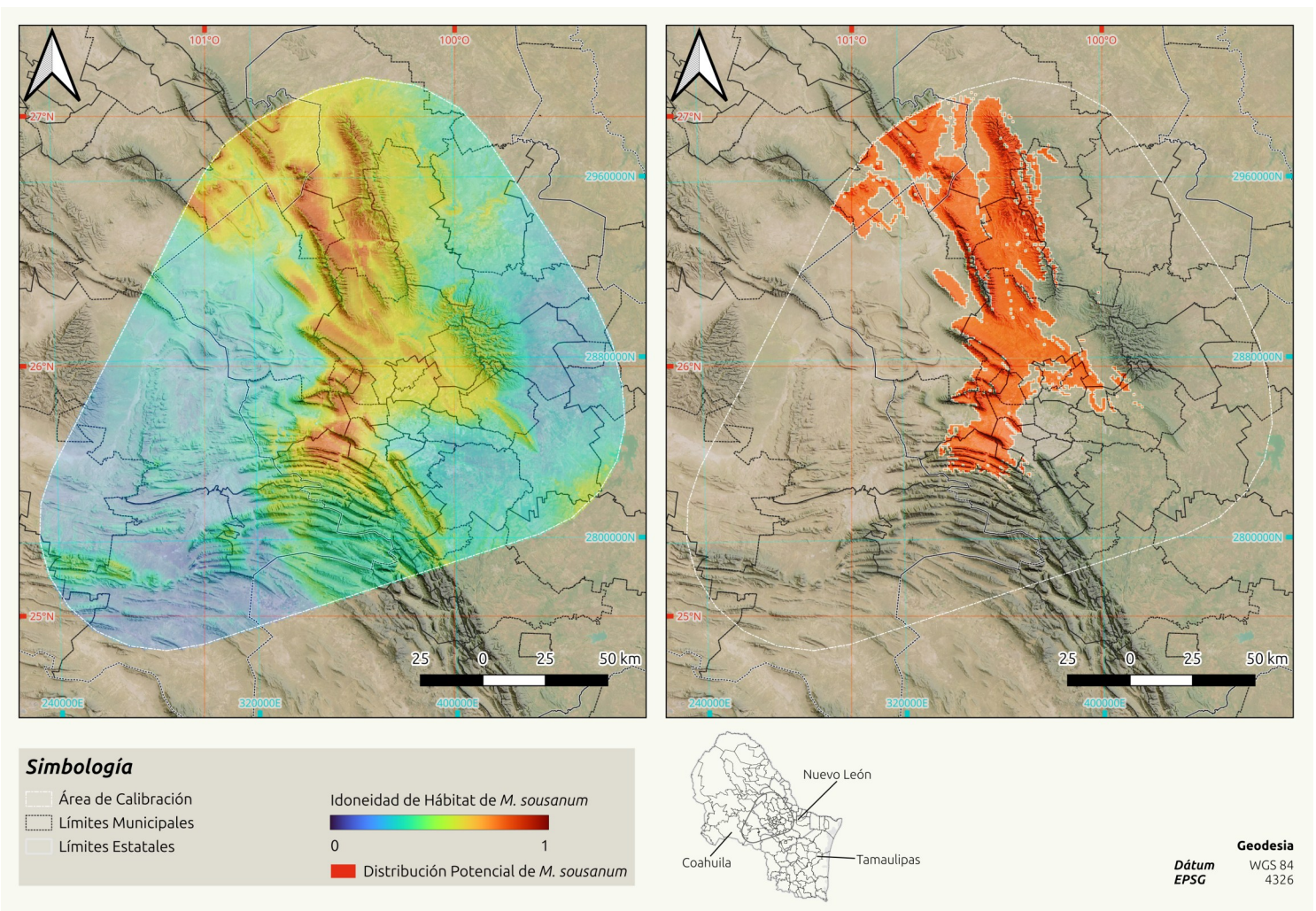


Figura 5. Idoneidad de hábitat (izq.) y distribución potencial (der.) de *M. sousanum*.

neidad, lo que sugiere que se trata de un registro atípico, marginal, o de un ejemplar en cultivo.

El área de idoneidad de *M. sousanum* se encuentra principalmente cubierta por matorral submontano (2,385 km²) y matorral desértico rosetófilo (1,502 km²), constituyendo los hábitats predominantes de la especie (Tabla 3). Además, dentro de esta área se incluyen 373 km² de asentamientos humanos, lo que indica una potencial presencia de la especie en zonas modificadas por la actividad antrópica. En conjunto, estos resultados sugieren que *M. sousanum* se concentra en hábitats de matorral, mostrando potencial tolerancia a ambientes transformados, aunque su idoneidad máxima se encuentra en ecosistemas característicos del piedemonte y valles del noroeste de Nuevo León.

Discusión

La distribución modelada de *M. sousanum* coincide con los registros formales para la especie (Delgado-Salinas & Johnston, 1984; Estrada-Castillón *et al.*, 2005) e incluye nuevas áreas donde se ha observado y reportado por usuarios de ciencia ciudadana, como en las faldas de la Sierra de Picachos y en zonas adyacentes al Cañón de la Huasteca (Machuca-Machuca *et al.*, 2021). Asimismo, la especie fue observada en las inmediaciones de la Laguna de Higueras (obs. pers.).

La especie de *Myrospermum sousanum* se ha caracterizado como parte del matorral submontano al noroeste de Nuevo León, habitando entre los 200 y 1550 msnm en comunidades semi templadas de *Cercocarpus-Rhamnus-Ostrya* y *Quercus*, entre cañones y sobre arroyos efímeros y escorrentías (Delgado-Salinas & Johnston, 1984; Estrada-Castillón *et al.*, 2005). Las variables más influyentes fueron la precipitación del mes más seco (bio14) y la isothermalidad (bio03), lo que sugiere que la aridez estacional y la estabilidad térmica son los factores más determinantes para la distribución potencial de la especie. Este patrón coincide con el clima semiárido y estacional del noreste de México, donde los periodos de baja precipitación y temperatura moderada definen la estructura del matorral submontano (Estrada-Castillón *et al.*, 2014). La afinidad de *M. sousanum* por sitios con baja precipitación durante la estación seca refleja una posible adaptación a pulsos de humedad breves, característica común entre legu-

Tabla 3. Cobertura del suelo dentro de la Distribución Potencial de *M. sousanum*, a partir del conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de (INEGI, 2021). VSA = vegetación secundaria arbustiva.

Tipo de Vegetación	Área (km ²)
Matorral Submontano	2385.06
Matorral Desértico Rosetófilo	1502.21
Pastizal Cultivado	741.7
Matorral Espinoso Tamaulipeco	646.81
Matorral Desértico Micrófilo	484.26
VSA de Matorral Submontano	446.19
Asentamientos Humanos	372.93
Pastizal Inducido	325.81
Bosque de Encino	158.3
Agricultura de Riego Anual	127.57
VSA de Matorral Espinoso Tamaulipeco	106.07
Chaparral	83.14
VSA de Matorral Desértico Micrófilo	73.91
Agricultura de Riego Anual y Permanente	41.3
Agricultura de Temporal Anual	33.51
Bosque de Táscate	28.73
Pastizal Natural	25.44
Bosque de Pino	21.2
Desprovisto de Vegetación	18.19
Bosque de Encino-Pino	12.89
Mezquital Xerófilo	12.68
VSA de Bosque de Pino	9.23
Agricultura de Riego Anual y Semipermanente	5.02
VSA de Mezquital Xerófilo	3.18
Bosque de Pino-Encino	2.07
Vegetación Halófila Xerófila	0.9
VSA de Matorral Desértico Rosetófilo	0.45
Cuerpo de Agua	0.16

minosas de regiones áridas y semiáridas (Delgado-Salinas & Johnston, 1984; Sandoval-Mata *et al.*, 2024).

Los modelos generados para *Myrospermum sousanum* mostraron un desempeño alto y consistente entre los tres algoritmos empleados (RF, SVM y BRT), lo que evidencia una adecuada robustez y fiabilidad del enfoque de ensamblaje utilizado. Los valores de AUC (>0.85) y TSS (>0.7) indican una excelente capacidad de discriminación y concordancia entre las predicciones y los registros de presencia, resultados comparables con los obtenidos en estudios de modelación de distribución de especies con conjuntos de datos limitados o sin ausencias verdaderas (Elith *et al.*, 2006; Mi *et al.*, 2017; Valavi *et al.*, 2022).

Conclusiones

Los modelos de distribución desarrollados para *M. sousanum* permitieron identificar con precisión las condiciones ambientales que limitan su distribución, destacando la influencia determinante de la precipitación del mes más seco y la estabilidad térmica anual. La especie muestra una afinidad marcada por ambientes con aridez estacional. La coincidencia entre las áreas modeladas y los registros históricos respalda la validez de los modelos y su utilidad para orientar futuras exploraciones y estrategias de conservación. Estos resultados constituyen una base para evaluar la respuesta potencial de la especie frente a escenarios de cambio climático y transformación del paisaje en la región.

Agradecimientos

Muchas gracias a los alumnos Karla Marisol Juárez Moreno y Mauricio Mohamed Flores por ayudar en la investigación que derivó en este manuscrito.

Referencias

Alanís-Flores G.J., Velazco-Macías C.G., Foroughbakhch-Pournavab R., Valdez-Tamez, V., Alvarado-Vázquez M.A. (2004). Diversidad florística de Nuevo León: Especies en categoría de riesgo. Ciencia UANL. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:161919059>

Allouche O., Tsoar A., Kadmon R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa

and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology 43(6): 1223-1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>

Alvarado-Vázquez M.A., Rocha-Estrada A., Moreno-Limón S. (Eds.). (2010). De la lechuguilla a las biopelículas vegetales: Las plantas útiles de Nuevo León (1. ed). Univ. Autónoma de Nuevo León.

Bánki O., Roskov Y., Döring M., Ower G., Hernández Robles D.R., Plata Corredor C.A., Stjernegaard Jeppesen T., Örn A., Pape T., Hobern D., Garnett S., Little H., DeWalt R.E., Miller J., Orrell T., Aalbu R., Abbott J., Abreu C., Acero P.A., World Flora Online. (2025). Catalogue of Life (Versión 2025-10-10 XR) [Dataset]. Catalogue of Life Foundation. <https://doi.org/10.48580/DGTPL>

Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. (2014). BIOCLIM: The first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. Diversity and Distributions 20(1): 1-9. <https://doi.org/10.1111/ddi.12144>

Breiman L. (2001). Random Forests. Machine Learning 45 (1): 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Burges C.J.C. (1998). A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. Data Mining and Knowledge Discovery 2(2): 121-167. <https://doi.org/10.1023/A:1009715923555>

Delgado-Salinas A., Johnston M.C. (1984). A New Species of *Myrospermum* (Leguminosae: Papilionoideae) from Northeastern Mexico. Systematic Botany 9(3): 356-358. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2418613>

Delgado-Salinas A., Torres-Colín L., Luna-Cavazos M., Bye R. (2021). Diversity of Useful Mexican Legumes: Analyses of Herbarium Specimen Records. Diversity 13(6): 267. <https://doi.org/10.3390/d13060267>

Dormann C.F., Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G., Carré G., Marquéz J.R.G., Gruber B., Lafourcade B., Leitão P.J., Münkemüller T., McClean C., Osborne P.E., Reineking B., Schröder B., Skidmore A.K., Zurell D., Lautenbach S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. Ecology 94(1): 27-46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>

Drake J.M., Randin C., Guisan A. (2006). Modelling ecological niches with support vector machines. Journal of Applied Ecology 43(3): 424-432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01141.x>

Eguiluz-de Antuñano S., Aranda-García M., Marrett R. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 53: 1-26.

- Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R.J., Huettmann F., Leathwick J.R., Lehmann A., Li J., Lohmann L.G., Loiselle B.A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., McC. Overton J., Phillips S.J., Zimmermann N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29(2): 129-151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- Elith J., Leathwick J.R., Hastie T. (2008). A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 77(4): 802-813. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x>
- Estrada-Castillón E., Delgado-Salinas A., Villarreal-Quintanilla J.Á. (2014). Leguminosas de Nuevo León, México (1.^a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Biología.
- Estrada-Castillón E., Villarreal-Quintanilla J.Á., Cuéllar-Rodríguez G., Torres-Colín L., Encina-Domínguez J.A., Sánchez-Salas J., Muro-Pérez G., González-Cuellar D.A., Galván-García O.M., Rubio-Pequeño L.G., Mora-Olivo A. (2024). The Fabaceae in Northeastern Mexico (Subfamilies Caesalpinioideae (Excluding Tribe Mimoseae), Cercidoideae, and Detarioideae). *Plants* 13(17): 2477. <https://doi.org/10.3390/plants13172477>
- Estrada-Castillón E., Villarreal-Quintanilla J.Á., Jurado E. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botanica Mexicana* 73: 1-18. <https://doi.org/10.21829/abm73.2005.1003>
- Feng X., Park D.S., Liang Y., Pandey R., Papeş M. (2019). Collinearity in ecological niche modeling: Confusions and challenges. *Ecology and Evolution* 9(18): 10365-10376. <https://doi.org/10.1002/ece3.5555>
- Fick S.E., Hijmans R.J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37(12): 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Hernández R., Mercado M. (1992). El número cromosómico de *Myrospermum sousanum* (Fabaceae, Papilionoideae, Sophorae). *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica*, Vol. 38-75, 63(1): 109-110.
- Hutchinson G.E. (1957). Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22(0): 415-427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- INEGI. (1983). Síntesis Geográfica de Coahuila.
- INEGI. (2021). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional) [Software]. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html>
- Karger D.N., Conrad O., Böhner J., Kawohl T., Kreft H., Soria-Auza R.W., Zimmermann N.E., Linder H.P., Kessler M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas 4(1): 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- Karger D.N., Conrad O., Böhner J., Kawohl T., Kreft H., Soria-Auza R.W., Zimmermann N.E., Linder P., Kessler M. (2018). Data from: Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas. *EnviDat*. <http://dx.doi.org/doi:10.16904/envidat.228.v2.1>
- Kindt R. (2018). Ensemble species distribution modelling with transformed suitability values. *Environmental Modelling & Software* 100: 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.11.009>
- Lewis G.P., Schrire B., Mackinder B., Lock M. (2005). Legumes of the world. Royal Botanic Gardens.
- Machuca-Machuca K., Martínez-Salas E., Samain M.S. (2021). *Myrospermum sousanum* e.T189013775A194048788 [Dataset]. IUCN Red List of Threatened Species 2021. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T189013775A194048788.en>
- Marmion M., Parviainen M., Luoto M., Heikkinen R.K., Thuiller W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15(1): 59-69. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00491.x>
- Mateo R.G., Felicísimo Á.M., Muñoz J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural* 84(2): 217-240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mi C., Huettmann F., Guo Y., Han X., Wen L. (2017). Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. *PeerJ* 5: e2849. <https://doi.org/10.7717/peerj.2849>
- Montoya-Jiménez J., Valdez-Lazalde J., Ángeles-Pérez G., de Los Santos-Posadas H., Cruz-Cárdenas G. (2022). Predictive capacity of nine algorithms and an ensemble model to determine the geographic distribution of tree species. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 15(5): 363-371. <https://doi.org/10.3832/ifer4084-015>
- Morrone J.J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: Encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Naimi B., Araújo M.B. (2016). sdm: A reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography* 39(4): 368-375. <https://doi.org/10.1111/ecog.01881>

Naimi B., Araújo M.B. (2024). sdm: Species Distribution Modelling. CRAN. <https://cran.r-project.org/package=sdm>

Naimi B., Hamm N.A.S., Groen T.A., Skidmore A.K., Toxopeus A.G. (2014). Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography* 37(2): 191-203. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>

Nix H.A., Longmore R. (1986). Atlas of elapid snakes of Australia. Canberra: Australian Government Publishing Service.

Peterson A.T., Soberón J., Pearson R.G., Anderson R.P., Martínez-Meyer E., Nakamura M., Bastos-Araújo M. (2011). Ecological niches and geographic distributions. Princeton University Press.

Pucha-Cofrep F. (2025). ArcGeek Calculator (Versión 4.0.3) [Software]. QGIS Plugins. <https://plugins.qgis.org/plugins/ArcGeekCalculator/#plugin-about>

Richardson D.M., Whittaker R.J. (2010). Conservation biogeography – foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions* 16(3): 313-320. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00660.x>

Rzedowski J. (1991a). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14: 3-21. <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>

Rzedowski J. (1991b). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: Una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15: 47-64. <https://doi.org/10.21829/abm15.1991.620>

Salinas-Rodríguez M.M. (2018). La Sierra Madre Oriental como reservorio de diversidad vegetal. *Revista Ciencia UANL* 21(88). <https://doi.org/10.29105/cienciauanl88.21-4>

Salinas-Rodríguez M.M., Sajama M.J., Gutiérrez-Ortega J.S., Ortega-Baes P., Estrada-Castillón A.E. (2018). Identification of endemic vascular plant species hotspots and the effectiveness of the protected areas for their conservation in Sierra Madre Oriental, Mexico. *Journal for Nature Conservation* 46: 6-27. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.08.012>

Sandoval-Mata T.N., Hernández-Sandoval L., Munguía-Lino G., Steinmann V.W., Delgado-Salinas A. (2024). Regionalización de la provincia del Desierto Chihuahuense con base en la distribución de especies de *Dalea* (Fabaceae). *Botanical Sciences* 102(3): 975-994. <https://doi.org/10.17129/botsci.3462>

Soberón J., Osorio-Olvera L., Peterson T., Soberón J., Osorio-Olvera L., Peterson T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2): 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>

Sousa-Sánchez M., Ricker M., Hernández-Macías H.M. (2001). Tree Species of the Family Leguminosae in Mexico.

Harvard Papers in Botany 6(1): 339-365. JSTOR.

Stockwell D.R.B., Peterson A.T. (2002). Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148(1): 1-13. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00388-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00388-X)

Swets J.A. (1979). ROC Analysis Applied to the Evaluation of Medical Imaging Techniques: *Investigative Radiology* 14(2): 109-121. <https://doi.org/10.1097/00004424-197903000-00002>

Valavi R., Guillera-Aroita G., Lahoz-Monfort J.J., Elith J. (2022). Predictive performance of presence-only species distribution models: A benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs* 92(1): e01486. <https://doi.org/10.1002/ecm.1486>

Vapnik V.N. (1999). An overview of statistical learning theory. *IEEE Transactions on Neural Networks* 10(5): 988-999. <https://doi.org/10.1109/72.788640>

Velazco-Macías C.G., Alanís-Flores G.J., Alvarado-Vázquez M.A., Ramírez-Freire L., Foroughbakhch-Pournavab R. (2011). Flora Endémica de Nuevo León, México y estados colindantes. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 5(1): 275-298. JSTOR.

Villarreal-Quintanilla J.Á., Encina-Domínguez J.A. (2005). Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 0(70): 1-46. <https://doi.org/10.21829/abm70.2005.986>

Villaseñor J.L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Whittaker R.J., Araújo M.B., Jepson P., Ladle R.J., James E.M. Watson, Willis K.J. (2005). Conservation Biogeography: Assessment and Prospect. *Diversity and Distributions* 11(1): 3-23. JSTOR.

Zamudio-Pérez M.R. (2024). *Myrospermum sousanum*. iNaturalistMX. <https://mexico.inaturalist.org/observations/235980380>

Zhang L., Huettmann F., Zhang X., Liu S., Sun P., Yu Z., Mi C. (2019). The use of classification and regression algorithms using the random forests method with presence-only data to model species' distribution. *MethodsX* 6: 2281-2292. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.09.035>

Zhang R., Wang Y.H., Jin J.J., Stull G.W., Bruneau A., Cardoso D., De Queiroz L.P., Moore M.J., Zhang S.D., Chen S.Y., Wang J., Li D.Z., Yi T.S. (2020). Exploration of Plastid Phylogenomic Conflict Yields New Insights into the Deep Relationships of Leguminosae. *Systematic Biology* 69(4): 613-622. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa013>