

Informe final* del Proyecto JM041
Modelación de la distribución potencial del género Bursera (Burseraceae) en México*

Responsable:	Dr. David Nahum Espinosa Organista
Institución:	Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
Correo electrónico:	despinos@servidor.unam.mx
Fecha de inicio:	31 de mayo de 2012
Fecha de término:	25 de septiembre de 2018
Principales resultados:	Informe final, Base de datos, Cartografía
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	Espinosa, D., G. Montaña-Arias, F Juárez-Barrera, M. Santiago-Alvarado, I. H. Salgado-Ugarte, V. M- Saito-Quezada y C. A. Hernández-Quintero. 2018. Modelación de la distribución potencial del género Bursera (Burseraceae) en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. JM041. Ciudad de México.

Resumen:

El género Bursera está constituido por cerca de cien especies. De ellas, 84 habitan naturalmente en México, y al menos 70 habitan exclusivamente las selvas mexicanas. Este trabajo realizará una revisión de ejemplares de herbario, literatura existente de los taxa, bases de datos, para integrar la información en una base de datos la cual se validará taxonómica y geográficamente con la opinión de expertos. Esta información se utilizará para determinar la distribución potencial de las especies en estudio, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos de predicción como Bioclim, Garp y Maxent. Se evaluarán los parámetros climáticos y la distribución de las especies obtenida a partir de registros de herbario para determinar qué modelo predice mejor la distribución potencial de las especies. Asimismo, se verificará el porcentaje de las áreas de distribución de las especies que se encuentra dentro de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) y con algunas propuestas de regionalización del país, como las provincias biogeográficas, las provincias fitogeográficas o las ecorregiones; con la finalidad de conocer su estado actual de conservación. Se generarán distintos modelos de predicción de la distribución potencial de las especies cuya cartografía será digitalizada y la información será capturada en un sistema de metadatos. Se discutirán las implicaciones que estos resultados tienen en la toma de decisiones para la conservación del género Bursera.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

TÍTULO DEL PROYECTO: Modelación de la distribución potencial del género *Bursera* (Burseraceae) en México

DATOS GENERALES: *David Espinosa* (responsable), *Genaro Montaña-Arias* (corresponsable), *Fabiola Juárez-Barrera*, *Margarita Santiago-Alvarado*, *Isaías H. Salgado Ugarte* y *Verónica Mitsui Saito Quezada* y *César A. Hernández Quintero* (colaboradores). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Unidad Multidisciplinaria de Investigación Experimental Zaragoza. Batalla del 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa 09230 Ciudad de México.

Marzo 2018

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN.....	4
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	6
1) Calidad de la información.....	6
Fuente de datos.....	6
Validación taxonómica de los datos.....	6
Validación geográfica de los datos.....	6
Depuración de sesgo de la información.....	6
2) Proceso de modelación	
Criterio de Selección de la región de referencia (M)	6
Variables utilizadas en la modelación.....	7
Método de modelación.....	8
Parámetros utilizados en la modelación.....	8
3) Evaluación del modelo.....	8
APLICACIÓN DE LOS MODELOS	9
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	10
REFERENCIAS.....	10
CUADRO 1 REGIONES DE REFERENCIA (M) PARA LAS ESPECIES DE BURSERIA	
CUADRO 2 VARIABLES SELECCIONADAS PARA CADA ESPECIES DE BURSERIA	
CUADRO 3 DOCUMENTACIÓN DE ARCHIVOS DE DATOS Y DE MODELOS	
ANEXO DE CALIDAD DE INFORMACIÓN DE CADA ESPECIE	

RESUMEN EJECUTIVO

El género *Bursera* está compuesto por más de 100 especies distribuidas desde el suroeste de los Estados Unidos de América hasta el noroeste de América del Sur. Es un taxón típicamente mesoamericano antillano, asociado a las selvas secas de esa área. Al igual que sus géneros hermanos, el del incienso (*Boswellia*) y la mirra (*Commiphora*), el género *Bursera* incluye una gran cantidad de especies de importancia biológica, económica y cultural. Cerca de 90% de las especies del género están presentes en México, particularmente sobre la vertiente del Pacífico, donde encuentra su diversidad máxima en las selvas bajas caducifolias y matorrales ubicados al sur de la Faja Volcánica Transmexicana (cuenca del Balsas, del Armería-Coahuayana, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, del Papagayo, Río Verde y del río Tehuantepec). Más de 50 especies del género están incluidas en la lista de especies de importancia forestal (EIF) de la CONAFOR; otras dos especies se encuentran en la NOM-059, en alguna categoría de riesgo. El conocimiento robusto de su distribución geográfica puede sustentar la incorporación de más especies a la NOM, o bien, la redefinición técnica de las denominaciones de origen derivadas de su uso. Por ello, este proyecto buscó, a partir de una detallada revisión de los datos, determinar y analizar la distribución potencial de especies del género *Bursera*, con el fin de generar información del estado de conservación de las áreas de distribución con base en algunas propuestas de regionalización del país. La meta original del proyecto era modelar la distribución de las 52 especies incluidas en la lista de la EIF-CONAFOR, sin embargo, se desarrollaron modelos para 69 especies, en virtud de la disponibilidad de registros en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB, CONABIO) y otras cinco que estaban comprometidas en el proyecto no se modelaron por falta de datos.

La mayor parte de las especies fueron modeladas con solo tres variables, menos frecuentemente con dos y algunas veces con cuatro. La mayor parte de las especies concentran su distribución las Regiones terrestres Prioritarias (RTPs) ubicadas al sur de la FVTM, donde destacan la del Cañón del Zopilote, Sierra de Taxco-Huautla, Infiernillo y Valle de Tehuacán-Cuicatlán, como las de mayor importancia para la conservación de las especies de este género.

La cuenca como delimitador de la región de referencia M de las especies de *Bursera* resultó ser un elemento de análisis que produjo predicciones de nicho robustas. Las especies que deben ser incluidas en próximas revisiones de la norma oficial mexicana para especies en riesgo, son al menos *Burseraaltijuga*, *B. cerasifolia* y *B. suntui*. La RTP de Infiernillo concentra la mayor cantidad de especies endémicas del Balsas.

Palabras clave: Distribución potencial, *Bursera*, Burseraceae, México, modelación del nicho ecológico, conservación.

INTRODUCCIÓN

El género *Bursera* incluye más de 100 especies distribuidas desde el suroeste de los EUA, el sur de la Florida (Everglades), todas las Antillas, hasta el noroeste de América del Sur. Sobre la vertiente del Pacífico, las especies se van reemplazando desde los desiertos de Arizona (Gila mountains), Baja California y Sonora, hasta el Golfo de Guayaquil. Por el Atlántico, el género muestra menor número de especies, con distribución más amplia. En el caso extremo, *Bursera simaruba* abarca desde Florida, la Antillas, todo el Golfo de México desde Tamaulipas hasta llegar a la cuenca del Orinoco, conformando una distribución circum-caribeña.

Las especies del género *Bursera* representan recursos de utilidad directa (medicinal, cerca viva, madera y artesanal, entre otros) e indirecta (servicios ecosistémicos), y sus resinas han tenido suma importancia cultural para las etnias de Mesoamérica y buena parte de Aridoamérica, por lo que su conservación es prioritaria para el país. Más de 50 especies de Burseraceae (54 de *Bursera* y una de *Protium*) están incluidas en el sistema de información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR; [http://www.Listado preliminar del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la CONAFOR](http://www.Listado%20preliminar%20del%20Inventario%20Nacional%20Forestal%20y%20de%20Suelos%20de%20la%20CONAFOR)). Desde el punto de vista ecológico, el género *Bursera* asume un papel trascendental, ya que son los elementos cuantitativamente más importantes y codominantes o dominantes de la selva baja caducifolia.

Los ecosistemas en donde se encuentra el género *Bursera* son potencialmente útiles y productivos para el desarrollo sustentable del país. En cuanto a su importancia económica, las cerca de 80 especies de este género presentes en México son todavía un recurso por explotar. La resina aromática “copal” de diferentes especies de *Bursera* se ha usado como incienso y barniz. Aunque muchas especies no tienen usos maderables en bosques tropicales y subtropicales, en los Estados de Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, muchas de ellas tienen otros usos como el aromático. Es el caso del aceite esencial (aceite de linaloe) de *Bursera linanoe* y de especies afines que se obtiene por destilación de la madera. En la actualidad, el ‘linaloe’ o ‘xochicopal’ [*Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina; *B. citronella* McVaugh & Rzed.] ha sido objeto de uso y explotación por los pueblos de la mixteca de Puebla y la región de la montaña en Guerrero, así como en Colima y Michoacán, con fines ya sean artesanales, terapéuticos o eventualmente industriales. El uso actual más común es la elaboración de artesanías (cajas labradas y laqueadas) que implica el corte de árboles. Debido a ello, hoy en día, cuando se encuentra una localidad de linaloe, comúnmente está compuesta por una gran cantidad de individuos adultos, por lo que su uso sostenido requiere de un manejo especial.

En otras especies, como *Bursera simaruba*, la infusión que se obtiene del cocimiento de la madera se utiliza en algunos lugares para bajar de peso. En medicina popular se utiliza como purgante, sudorífico y diurético, contra la disentería, la hidropesía y males venéreos; el cocimiento de las hojas se utiliza para bajar la fiebre, afecciones estomacales, la tosferina, el sarampión y dolor de cabeza. Como las hojas son frescas, se utilizan para refrescar las plantas de los pies (Aranda, 1996).

En la actualidad la taxonomía del género *Bursera* ha sido abordada por varios autores. Sin embargo, se ha prestado poca atención en determinar su distribución geográfica en el país. Son pocos los estudios que han discutido aspectos generales de la distribución de la familia Burseraceae por los tipos de vegetación o sus afinidades geográficas (Kohlmann y Sánchez, 1984; Rzedowski y Guevara Féfer, 1992; Rzedowski et al., 2004; 2005; Espinosa et al., 2006). Domínguez (2008) y Juárez (2008) incorporan patrones de riqueza local o regional a partir de estudios florísticos, así como la aproximación de la distribución potencial de *Bursera linanoe*. Conabio (2008) publicó el mapa de distribución potencial de copales, cuya importancia es relevante en la obtención de copal o resinas aromáticas.

A medida que avanza el conocimiento acerca de la diversidad del género *Bursera*, es evidente la necesidad de realizar un análisis exhaustivo que permita describir y entender las causas de su distribución. Las propuestas existentes sobre la distribución del género, tienen limitantes para su cartografía y revelan poca exactitud en el mapeo de las áreas de distribución de todas las especies. Esto sugiere que es aún necesario proporcionar nuevos elementos para comprender los patrones de distribución de las especies de *Bursera*. Esta información es crítica para conocer su estado actual de conservación y para poder predecir cómo la distribución de las especies responde ante variaciones ambientales (Stahle et al., 2009).

Con base en lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo determinar y analizar la distribución potencial de especies del género *Bursera*, con el fin de generar información del estado de conservación de las áreas de distribución con base en algunas propuestas de regionalización del país.

DESARROLLO DEL PROYECTO

1) Calidad de información

Fuente de los datos. Los datos se obtuvieron de una consulta al Sistema de Información sobre Biodiversidad (SNIB) acerca de registros de especies de *Bursera*. Otros registros complementarios se obtuvieron de revisión de los herbarios de la Universidad de Harvard (HUH) y del Jardín Botánico de Nueva York (NYBG).

Validación taxonómica de datos. La información taxonómica fue validada siguiendo el estándar de las páginas web *The Plant List* (www.theplantlist.org) y *Tropicos* (www.tropicos.org). Los nombres de los autores de cada especie se homogeneizaron de acuerdo con Brummit (1994). La sinonimia taxonómica se adoptó del criterio propuesto en Rzedowski et al. (2005) y sus actualizaciones posteriores (Rzedowski et al. 2007, 2009).

Validación geográfica de los registros. Las localidades fueron verificadas por comparación con el nomenclátor de localidades de México (INEGI) y mediante el seguimiento de rutas en Google Earth versión 7.1.2.2041 (Google Inc., 2013). Se reconocieron variantes ortográficas y sintácticas y se redujeron en lo posible a un solo enunciado.

Depuración de sesgo de la información. Mediante el programa IBM SPSS Statistics 20, se detectaron valores homónimos (u homotípicos, aquellos con valores idénticos en las 19 variables climáticas) y atípicos (son los valores que se salen del intervalo que recorre desde el valor de la mediana, más-menos 1.5 veces el valor de la mediana sobre 2). Se redujo en lo posible el sesgo por acumulación de registros mediante las herramientas de modelado de distribución de especies (SDM) de la interface entre *ArcMap* y *MaxEnt* (*ArcToolbox/ SDM Tools/ 1 Universal Tools/ Spatially Rarefy Occurrence Data for SDMs/ Spatially Rarefy Occurrence Data for SDMs [to reduce spatial autocorrelation]*). La estimación de la autocorrelación se evaluó a intervalos de cada kilómetro. A partir de ello, se extrajo una sub-muestra aleatoria para la construcción de un primer modelo de prueba.

2) Proceso de modelación

Criterio de Selección de la región de referencia (M) por especie

La distribución conocida de cada especie de *Bursera* se apegó al criterio establecido en el inventario de especies mexicanas de *Bursera* (Rzedowski et al. 2005) y sus actualizaciones posteriores (Rzedowski et al. 2007, 2009). Rzedowski et al. (2005) son consistentes en sus referencias de distribución geográfica, describiendo está con base en cuencas hidrológicas, vegetación y distribución por estados (ver cuadro 1). Los límites de las cuencas fueron tomados de la carta de cuencas y regiones hidrológicas de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1998). En los casos de las especies que su distribución abarca México y áreas externas se utilizó el mapa de cuencas de Norteamérica (*na_bas_II_500m.shp*) y Sudamérica (*sa_bas_II_r500m.shp*) de la Waterbase (www.waterbase.org) con fuentes de información de la USGS/NASA SRTM, y datos en grados decimales sobre una proyección y datum WGS84 (Jarvis et al., 2008). En el Cuadro 1 del

Anexo detallamos los nombres de las cuencas hidrográficas que conforman la M de cada especie y en el Anexo de calidad de información se incluye la representación cartográfica de la región de referencia (M).

Variables utilizadas en la modelación

La información de las 19 variables climáticas fue descargada de WorldClim versión 1.4 (Hijmans et al. 2005) y luego extraída la porción del espacio M mediante la herramienta ‘extraer valores múltiples a puntos’ del programa ArcMap versión 10.1 (ESRI, 1999-2012). La posible redundancia entre las 19 variables climáticas se estimó calculando la correlación de Pearson (19 x 19), usando un nivel de significancia del 0.01. La mayoría de las especies (36) fueron modeladas por sólo tres variables, con menos frecuencia fueron modeladas por dos (15) o por cuatro (13) (Figura 1). En el Cuadro 2 del Anexo detallamos cuáles fueron las variables seleccionadas para cada especie para la que se generó un modelo.

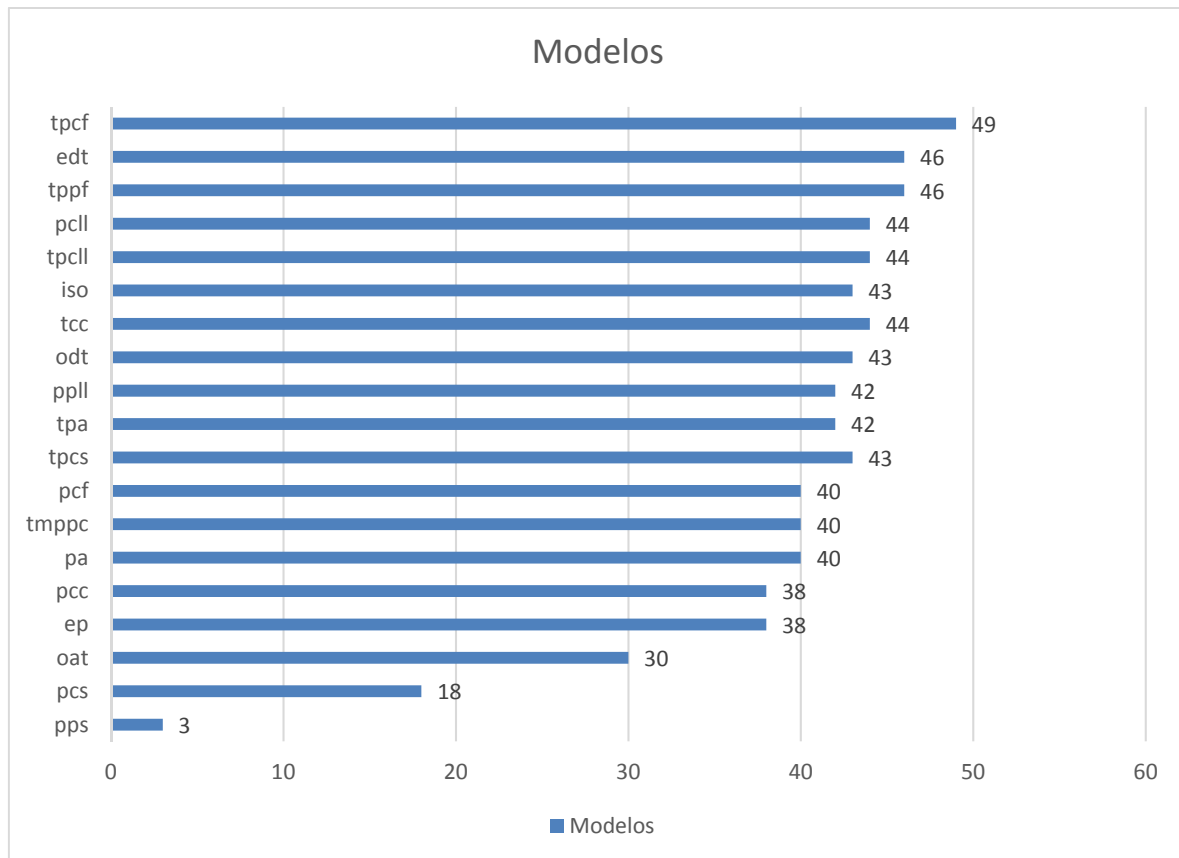


Figura 1. Frecuencia de participación de cada variable en los 69 modelos generados por MaxEnt.

Método de modelación

La modelación se realizó con MaxEnt (MaxEnt versión 3.3 Phillips et al. 2004). El modelo de nicho se ejecutó con la opción Jackknife. El modelo fue ejecutado con los parámetros básicos establecidos por defecto, con excepción del número máximo de puntos de respaldo (*Max number of background points* = 1000) y el número de réplicas (*replicates*=100), implementando un muestreo de validación cruzada (*crossvalidate*). En los parámetros avanzados se seleccionaron todas las opciones de salida y se adoptaron todos los parámetros por defecto. Los parámetros experimentales se adoptaron por defecto, con excepción de la escritura de las predicciones de respaldo (*Write background predictions*). El formato de salida de los datos fue logístico y el archivo de tipo ASC. El modelo de prueba indicó las variables que más contribuyen a la construcción del modelo, sin correlación significativa entre ellos. Un segundo modelo (modelo ajustado) se construyó a partir de aquellas variables que más contribuyeron a la construcción del primero, con mayor sensibilidad al ser eliminadas y sin autocorrelación significativa entre ellas (cuadro 2). El recorte del modelo se hizo al décimo percentil, para ello se ocuparon los archivos de salida *Bursera_*_median.asc* (cuadro 3) y *maxentResults.csv* (eligiendo el valor promedio de la columna “*10 percentile training presence area*”), los valores por arriba del umbral fueron reemplazados por ‘1’ y los menores por ‘0’.

Parámetros utilizados en la modelación

Los modelos de predicción fueron ejecutados con los parámetros básicos establecidos por defecto, con excepción del tamaño relativo de la muestra para contrastar el modelo (*Random test percentage*= 20) y el número máximo de puntos de respaldo (*Max number of backgroundpoints*= 1000). En los parámetros avanzados se seleccionaron todas las opciones de salida, y se adoptaron todos los valores por defecto, con excepción la regla aplicada al recorte del modelo, en la cual se seleccionó un recorte al décimo percentil (*Applythreshold rule*= 10 *percentile training presence*). Los parámetros experimentales se adoptaron por defecto, con excepción de la escritura de las predicciones de respaldo (*Write background predictions*). La opción de salida fue logística en formato ascii y con evaluación de la importancia de cada variable en el modelo (*Do Jackknife to measure variable importance*) y gráficas de las curvas de respuesta.

3) Evaluación del modelo

Los modelos generan una curva ROC/AUC (acrónimo del término en inglés Area Under the Curve), la cual evalúa la habilidad predictiva de los modelos de distribución generados por medio de un gráfico, indicando el área bajo la curva (AUC), la cual representa la relación entre el porcentaje de presencia correctamente predicha (sensibilidad) y, uno menos el porcentaje de ausencias correctamente predichas (especificidad). El AUC mide la capacidad del modelo para clasificar correctamente a una especie como presente o ausente (Hanley y McNeil, 1982).

En el ANEXO (*Calidad de información*) se incluyen los gráficos generados durante todo el proceso de generación de los modelos de distribución. Ahí mostramos el diagrama del proceso de depuración y análisis de datos, la representación gráfica de la región M, el perfil bioclimático, los

diagramas de violín, el fenograma que muestra globalmente datos atípicos y homotípicos, los mapas del modelo y su recorte al décimo percentil y sus gráficos de la curva ROC, la gráfica del análisis de eliminación sucesiva (Jackknife) y la matriz con los valores de correlación y sus estimadores de significancia.

APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCION GENERADOS EN EL PROYECTO

Se realizó un primer ejercicio para generar el mapa de riqueza de especies del genero *Bursera* a nivel nacional, utilizando como unidad de análisis las regiones terrestres Prioritarias. Destacaron por su riqueza el Cañón del Zopilote, Sierra de Taxco-Huautla, Infiernillo y Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Estas regiones son las de mayor importancia para la conservación de las especies del género *Bursera* (Figura 2).

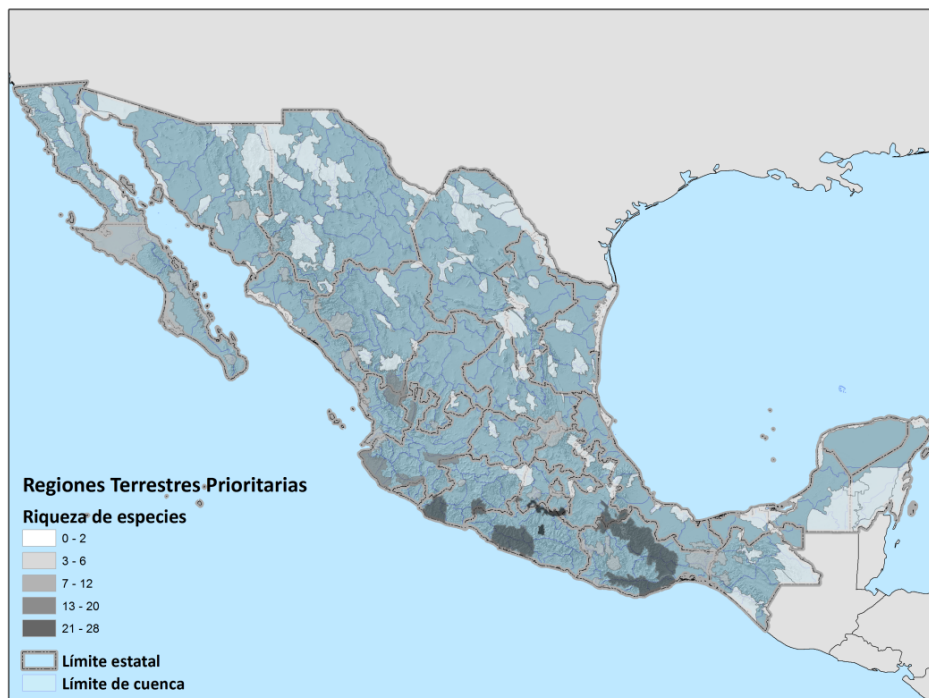


Figura 2. Riqueza de especies de *Bursera* por cada región terrestre prioritaria (RTP).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Especies con distribuciones geográficas y ecológicas más amplias o con menos datos, produjeron modelos menos robustos. Por ejemplo, *Bursera bipinnata* tiene un área con probabilidad de 0.66 y un área bajo la curva ROC de apenas 0.754. Es probable que el uso intensivo que se hizo de esta especie, desde tiempos prehispánicos, haya ampliado su nicho ecológico por semi-domesticación. Lo mismo ocurre con especies usadas ampliamente como cerca viva. Las especies con problemas de delimitación taxonómica, como *Bursera fagaroides* y *B. confusa*, también mostraron modelos poco robustos. Especies con amplias disyunciones, como *Bursera lancifolia* o *B. heteresthes* muestran el efecto de una diferenciación en el nicho ecológico de sus subpoblaciones y pueden ser objeto de investigación acerca de la base genética de dicha diferenciación. Cuando una de las subpoblaciones disyuntas es modelada por separado, el nicho resultante suele ser más robusto, pero no incluye al resto de los registros.

El enfoque de cuencas como delimitador natural del nicho de las especies resultó ser un criterio adecuado para construir modelos de distribución potencial de las especies de *Bursera*, aun en aquellos casos de especies que se distribuyen en la parte alta de las cordilleras.

REFERENCIAS

- Aranda TF (ed.). (1996). Plantas que curan. Guía México Desconocido No. 29. 72 pp.
- CNA (Comisión Nacional del Agua).1998. Cuencas Hidrológicas. Escala 1:250000. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Domínguez CI. (2008). Distribución geográfica y ecológica de *Bursera linanoe* (Llave) Rzed., Calderón & Medina. Tesis de Licenciatura, Fes Zaragoza UNAM. Pag.66.
- Espinosa D, Llorente J, Morrone JJ. (2006). Historical Biogeographical patterns of the species of *Bursera* (Burseraceae) and their taxonomic implications. *Journal of Biogeography* 33: 1945–1958.
- ESRI (Environmental Scientific Research Institute). 1999-2012 .ArcGis 9.2.ESRI, Redlands, California.
- Hanley JA, McNeil BJ. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143(1): 29-36.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones, PG, Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Jarvis A, Reuter HI, Nelson A, Guevara E. (2008). Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Kohlmann B, Sánchez S. (1984). Estudio areográfico del género *Bursera* Jacq ex L. (Burseraceae) en México. Una síntesis de métodos. En: E. Ezcurra, M. Equihua, B. Kolmann and S. Sánchez-Colón (eds.). Métodos cuantitativos en la biogeografía, pp. 41–120. Publicación No. 12. Instituto de Ecología A.C., México, D.F.

- Phillips SJ, Dudík M, Shapire RE. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, pp. 655-662.
- Rzedowski J, Medina RL, Calderón G. (2004). Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana*. 66: 23-151.
- Rzedowski J, Medina RL, Calderón G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70-85.
- Rzedowski J, Medina RL, Calderón de Rzedowski G. (2007). Segunda restauración de *Bursera ovalifolia* y nombre nuevo para otro componente del complejo *B. simaruba* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*, 81: 45 – 70
- Rzedowski J, Guevara-Féfer F. (1992). Burseraceae. In J. Rzedowski and G. Calderón de Rzedowski (eds.), Flora del bajío de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Stahle D, Cook R, Villanueva J, Fye F, Burnette D, Griffin R, Acuña S, Seager R, Heim Jr. R. (2009). Early 21st-Century drought in Mexico. *EOS* 90: 89-100.

Documentación del material entregado

Los archivos de los modelos (Bursera_especie.asc), los de los recortes (Bursera_especie_thresholded.asc) y los archivos de datos de las muestras de registros filtrados (Bursera_especie.csv), se encuentran en:

D:\JM041_info_2017\JM041_modelos\Bursera_especie\Bursera_especie\

Las imágenes de salida del modelo (Bursera_especie.png), la prueba Jackknife, las curvas de respuesta de cada variable y su correspondiente curva ROC, se encuentran en:

D:\JM041_info_2017\JM041_modelos\Bursera_especie\Bursera_especie\Plots\

Las hojas de cálculo que contienen los datos que se usaron para el perfil bioclimático, la construcción de los diagramas de violín y las pruebas de correlación, se encuentran en:

D:\JM041_info_2017\JM041_datos\Bursera_especie.xlsx

El metadato de cada especie individual (Bursera_especie_metadato.pdf) se encuentra en:

D:\JM041_info_2017\metadatos\Bursera_especie_md.pdf

Los archivos con los gráficos asociados a la calidad de los datos y el proceso se encuentran en:

D:\JM041_info_2017\Calidad\Bursera_especie_calidad.pdf