

Informe final* del Proyecto JM015

Modelación de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México

Responsable: Dr. Juan Pablo Jaramillo Correa
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ecología
Departamento de Ecología Evolutiva
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F., 04510, México
Correo electrónico: jaramillo@ecologia.unam.mx
Teléfono, fax 5622-9015
Fecha de inicio: Junio 15, 2012
Fecha de término: Junio 17, 2014
Principales resultados: Base de datos, cartografía, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Jaramillo Correa, J. P. y N. Martínez Méndez. 2014. Modelación de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. JM015.** México, D.F.

Resumen:

El género *Abies* (oyameles, Pinaceae) en México está representado por ocho especies, seis de las cuales son endémicas y con una distribución disyunta. Aunque estas forman bosques con una pequeña distribución en el territorio nacional, estimado en unas 143.579, 28 ha (FAO, 2005), también constituyen el cuarto recurso maderable del país (SEMARNAT, 2007). Además de los usos comerciales de la madera y de la trementina extraída de su corteza, los oyameles presentan otros usos variados, que van desde la medicina tradicional hasta el uso ritual en numerosas festividades religiosas. Sin duda la mayor importancia del género *Abies* en México radica en los servicios ambientales que proporcionan sus bosques como captación y filtración de agua, mitigación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, protección de la biodiversidad, retención de suelo, refugio de fauna silvestre (por ejemplo el caso de las mariposas moracas), sin olvidar la belleza escénica y recreativa que proporcionan. Sin embargo, como consecuencia directa del mal manejo que se les ha dado y la tala clandestina, seis de las ocho especies reconocidas para México se encuentran en alguna de las categorías de riesgo (NOM-59-SEMARNAT-2010 y Lista Roja de la IUCN) y se encuentran consideradas en el "Listado preliminar de especies incluidas en el sistema de información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS)" de la CONAFOR. En el presente proyecto proponemos realizar modelos de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* en México, que junto con los datos genéticos producidos por nuestro laboratorio, nos permitirán tener fuentes de información valiosa para proponer mejores programas de conservación para estas taxa. Con los datos de nicho ecológico aquí generados, también se prevé proponer estrategias de conservación hacia el futuro cercano, luego de identificar áreas de probable deterioro acelerado provocado por distintos escenarios de calentamiento global. A largo plazo, este tipo de trabajos serán extrapolados a las demás coníferas del país.

-
- * 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.

I. **Título del proyecto: JM015 “Modelación de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México”.**

II. **Datos generales**

Datos de la institución donde se llevó a cabo el proyecto.	
Nombre	Instituto de Ecología de la UNAM
Dirección	Circuito exterior sin número, Ciudad Universitaria, México D.F. C.P. 04510
Datos del responsable del proyecto	
Nombre	Dr. Juan Pablo Jaramillo Correa
Puesto	Investigador titular A de T. C.
Teléfono del trabajo	56-22-90-15
Correo-e	jaramillo@miranda.ecologia.unam.mx
Datos del técnico	
Nombre	Dr. Norberto Martínez Méndez
Teléfono del trabajo	57296000 ext. 62420
Correo-e	nomartinezm@ipn.mx

III. Resumen ejecutivo

1. Objetivos

a) Objetivo General

Modelar la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México.

b) Objetivo Particular

Proporcionar la cartografía de la distribución potencial, así como las bases de datos de la presencia de las especies del género *Abies* en México, para su utilización en planes de manejo y conservación.

2. Especies comprometidas para modelar

Abies concolor

Abies religiosa

Abies guatemalensis

Abies flinckii (*Abies guatemalensis* var. *jaliscana*)*

Abies hickelii

Abies durangensis

Abies coahuilensis (*Abies durangensis* var. *coahuilensis*)

Abies vejarii

Abies mexicana

3. Metas alcanzadas

Los objetivos planteados se cumplieron, aunque los resultados para *Abies mexicana* no se presentan. Esta especie cuenta con muy pocos puntos de muestreo y fue sinonimizada con *A. vejarii* siguiendo a Liu (1971) y Farjon (1999). Por otro lado, debido a nuestros trabajos preliminares de modelado y pruebas de solapamiento de nicho ecológico, creímos conveniente modelar a *A. durangensis* y *A. durangensis* var. *coahuilensis* por separado, ya que ecológicamente son muy distintas (por ejemplo la primera está en zonas más frías y húmedas ver tablas 1.8 y 1.9 de los perfiles bioclimáticos). Asimismo, aunque *A. flinckii* ha sido sinonimizado con *A. guatemalensis* var. *jaliscana*, algunos autores han encontrado ciertas características morfológicas que lo separan de *A. guatemalensis* (Rushforth, 1989). Aquí se presentan los resultados para *A. guatemalensis* (sin incluir a *A. guatemalensis* var. *jaliscana*) y para *A. guatemalensis* var. *jaliscana*, además de incluir un modelo con los datos en conjunto (modelo que nombramos

como *A. guatemalensis* sensu lato). Finalmente, *A. hidalguensis* (requerida por CONABIO) se incluyó en la base final de datos pero no fue modelada, ya que de ella sólo se conocen dos localidades muy cercanas lo que impide realizar un modelado adecuado. En total, se entregan 9 modelos para 8 especies.

IV. Introducción

El género *Abies* (oyameles, Pinaceae) en México está representado por ocho especies, seis de las cuales son endémicas y con una distribución disyunta. Aunque estas forman bosques que abarcan un área relativamente pequeña del territorio nacional, estimada en unas 143.579, 28 ha (FAO, 2005), también constituyen el cuarto recurso maderable del país (SEMARNAT, 2007). Además de los usos comerciales de la madera y de la trementina extraída de su corteza, los oyameles presentan otros usos variados, que van desde la medicina tradicional hasta el uso ritual en numerosas festividades religiosas. Sin embargo, la mayor importancia del género *Abies* en México radica en los servicios ambientales que proporcionan sus bosques, incluyendo la captación y filtración de agua, la generación de oxígeno y la asimilación de diversos contaminantes, la protección de la biodiversidad (el microclima que generan mantiene a una gran cantidad de especies herbáceas en relación a zonas dónde el bosque ha sido talado), la retención de suelo y refugio de fauna silvestre (por ejemplo el caso de las mariposas monarcas), sin olvidar la belleza escénica y recreativa que proporcionan (Gómez 2004; Cayuela, 2006; Cuevas-Guzmán *et al.*, 2011; Sáenz-Romero *et al.*, 2012; Martínez-Arévalo 2013). No obstante, como consecuencia directa del mal manejo que se les ha dado y de la tala clandestina, seis de las ocho especies reconocidas para México se encuentran en alguna de las categorías de riesgo (NOM-59-SEMARNAT-2010 y Lista Roja de la IUCN) y se les considera en el “Listado preliminar de especies incluidas en el sistema de información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS)” de la CONAFOR. En este proyecto se modeló la distribución geográfica de las especies del género *Abies* en México, que junto con los datos genéticos producidos por nuestro laboratorio, nos permitirán tener fuentes de información valiosa para proponer mejores programas de conservación para estos taxa. Con los datos de nicho ecológico aquí generados, también se podrán proponer estrategias de conservación a corto plazo, luego de identificar áreas de probable deterioro acelerado según distintos escenarios de calentamiento global. A largo plazo, se espera que este tipo de trabajos sea extrapolado a las demás coníferas del país.

V. Desarrollo del proyecto

1. Calidad de la información.

a) Origen de los datos.

La primera fuente de registros de abetos mexicanos consultada fue la de los estudios de Eguiarte y Furnier (1997), que se encuentra en las bases de CONABIO bajo la clave B138. La siguiente fuente de registros consultada fue la del portal Global Biodiversity Information Facility, "GBIF" por sus siglas en inglés, en donde se incorporan datos de herbarios de todo el mundo. También se consultaron las bases del Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la UNAM y se obtuvieron algunos datos antiguos del MEXU-IBUNAM que se geo-referenciaron conforme a los estándares lineados por Wieczorek et al. (2004) y el Manual de Procedimientos de geo-referenciación de localidades de CONABIO (CONABIO, 2008).

El resultado de la recopilación y la limpieza de los datos de ocurrencia de los abetos mexicanos se detallan en la tabla 1.1. El proceso de depuración consintió en eliminar los datos repetidos y aquellos cuya identidad taxonómica estaba en duda. Posteriormente se excluyeron datos mal geo-referenciados o que constituían "outliers" geográficos; es decir aquellos puntos dónde se reportaban abetos, pero que se encuentran fuera de su distribución natural (por ejemplo en costas o desiertos).

Tabla 1.1. Procedencia final de los registros de *Abies*.

Especie	CONABIO	IBUNAM-MEXU	GBIF	TOTAL
<i>Abies concolor</i>	0	0	127	127
<i>Abies religiosa</i>	0	108	0	108
<i>Abies guatemalensis</i>	19	13	22	54
<i>Abies flinckii</i>	5	10	17	27
<i>Abies hickelii</i>	9	14	15	29
<i>Abies durangensis</i>	10	3	21	34
<i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i>	7	2	5	14
<i>Abies vejarii</i>	5	7	13	25
<i>Abies hidalgensis</i>	0	2	0	2

Nota: Las bases de datos y la procedencia de los datos procedentes del GBIF, se pueden consultar en la base final en DarwinCore.

En los modelos finales no incluimos a *Abies mexicana* ya que se consideró en sinonimia con *A. vejarii* (Farjon, 1990; CONABIO 2009) y sus datos de ocurrencia fueron incorporados a los de esta especie. No obstante, en análisis exploratorios de modelado de nicho, estos dos taxa se tomaron como especies separadas para ver cómo se comportaban (ver más adelante). De igual manera, los registros de *A. guatemalensis* var. *jaliscana* y de *A. religiosa* var. *emarginata* se incorporaron a los de *A. flinckii* (Rushforth, 1987.; Aguirre-Planter *et al.*, 2000.). Además reportamos los datos para *A. duranguensis* var. *coahuilensis* separado de *A. durangensis*, ya que conforme a nuestros análisis preliminares consideramos que estas entidades tienen un nicho ecológico diferente, prácticamente sin solapamiento.

A pesar de que para *Abies vejarii* y *A. d. var. coahuilensis* se tiene un número bajo de puntos debido a su limitada distribución, consideramos que los puntos depurados representan bien la distribución de las especies.

b) Extracción de información climática/ambiental.

Para cada una de las localidades, se extrajo la información climática por medio de DIVA-GIS. Esta información puede ser consultada en un archivo llamado “matriz de datos”, que se encuentra junto a los resultados finales en la misma carpeta de la base de datos final (DarwinCore), ya que es muy amplia para incluirla en algún anexo. Con esta información se construyó el perfil bioclimático de cada especie el cual se puede consultar en las tablas 1.2 a 1.11 en el anexo 2.

c) Limpieza de datos (depuración de puntos extremos climáticos).

En la primera fase del proyecto se depuraron las bases de datos de las que se obtuvieron los puntos de presencia para la modelación, eliminando datos mal georreferenciados, repetidos y puntos fuera de la distribución geográfica natural de la especie. Para la segunda fase, las bases se depuraron una segunda vez para localizar valores climáticos atípicos.

Para ubicar estos valores atípicos (*outliers*) o puntos de presencia ubicados por fuera de los límites ambientales normales de las especies de *Abies*, se utilizaron dos métodos implementados en DIVA-GIS ver. 7.5:

- A) *Reverse jackknife* (Chapman, 2005b). Un método recomendado para conjuntos de datos con una distribución normal de valores, como aquellos de muchas observaciones para cada taxón ($n > 20$).
- B) *1.5x interquartile range* (1.5 IQR) (DIVA-GIS 2012). El cual se recomienda para conjuntos de datos con poca cantidad de observaciones por taxón (por ejemplo, $n < 20$).

En la tabla 1.12 se observa la relación de los puntos identificados como *outliers* climáticos y el método utilizado para su determinación. En el anexo 3, se presentan las gráficas resultantes de cada análisis. Para los análisis se consideró que la cantidad mínima de variables en las que un punto de presencia debe tener valores atípicos para ser considerado como *outlier* climático debía ser de tres.

En el caso particular del análisis 1.5 IQR se generó una gráfica por capa climática analizada, aquí sólo presentamos una de las gráficas representativas en dónde se observa el valor atípico para las variables implicadas.

Tabla 1. 12. Relación de poblaciones consideradas como *outliers* climáticos para cada especie

Espece	Método	Outliers climáticos	
<i>Abies concolor</i>	Reverse jackknife	-120.766	39.304
		-123.912	40.7004
		-123.957	41.7373
<i>Abies religiosa</i>	Reverse jackknife	-100.15225	17.47135
		-100.2	17.48333
		-99.83806	17.65111
		-97.26667	19.05
		-97.27878	18.98449
<i>Abies guatemalensis</i>	Reverse jackknife	-100.833	27.017
		-98.94744	24.57709
		-97.82	23.28
		-90.1792	15.7422
		-89.917	15.083
<i>Abies flinckii</i>	Reverse jackknife	-103.39195	20.72028
		-101.45667	19.235
		-101.5	19.85
		-100.80127	19.67582
<i>Abies hickelii</i>	Reverse jackknife	-97.45	19.533
		-97.15	19.5
		-97.125	19.46528
		-97.083	-20.1
		-97.01127	19.41876
		-96.57877	17.07004
		-96.56597	17.2521
-96.25889	16.18		
<i>Abies durangensis</i>	Reverse jackknife	-105.783	23.7
		-108.55	27.79167
		-108.2	29.3
<i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i>	1.5 IQR	Ninguno	
<i>Abies hickelii</i>	Reverse jackknife	-97.45	19.533
		-97.15	19.5
		-97.125	19.46528
		-97.083	-20.1
		-97.01127	19.41876
		-96.57877	17.07004
		-96.56597	17.2521
-96.25889	16.18		
<i>Abies vejarii</i>	1.5 IQR	-99.47273	24.00015

2. Criterio de selección del área de referencia *M*

Para determinar el área *M* se utilizaron las ecorregiones terrestres del mundo reportadas en Olson *et al.* (2004). Se escogieron aquellas ecorregiones que coincidían con la ubicación de las poblaciones para cada especie evitando ecorregiones que, aunque similares, no tuvieran registro de la especie. Esto se hizo siguiendo la lógica de que la dispersión de polen y semillas es por viento, pero la germinación de estas últimas se favorece en condiciones más o menos sombreadas al resguardo de otros miembros de la especie, por lo que la germinación y establecimiento en zonas abiertas o exentas de bosque es baja (Williams, 2009). Así, las ecorregiones escogidas coinciden en su mayoría con zonas montañosas y/o templadas donde prosperan bosques de coníferas y que son apropiados para el establecimiento de los bosques de abetos (Enright y Hill, 1990). Solamente en los casos de *Abies durangensis* y *A. vejarii*, las poblaciones coincidieron con una sola ecorregion completa. En todos los demás casos existió coincidencia con más de una ecorregión, pero no en su totalidad, por lo que se escogieron secciones de estas, las cuales se identificaron con el nombre OBJECTID en la tabla ubicada en el anexo 4. En esta tabla también se pueden apreciar datos como la ecorregión global a la que pertenecen, en caso de aplicar, y otros identificadores. Para *A. hidalgensis*, la ubicación de las poblaciones conocidas solo coincide con una ecorregión contenida dentro de la región previamente determinada para *A. hickelli*, la cual se indica con un sombreado en la tabla.

Después de seleccionar y extraer las ecorregiones y secciones que mejor representan el área *M* para cada especie, se procedió a borrar las divisiones entre ellas por medio de la herramienta Dissolve de ArcMap10. Luego, estas áreas se utilizaron para recortar el área *M* correspondiente de las capas bioclimáticas utilizando la herramienta Clip de ArcMap10.

3. Variables utilizadas en la modelación

Se descargaron 19 variables bioclimáticas disponibles en Worldclim (Hijmans *et al.* 2005) a una resolución espacial de 30 segundos. También se utilizaron capas de orientación y pendiente provenientes de la base de datos geográfica de Hydro1k también a una resolución de 30 segundos (.HYDRO1k Elevation Derivative Database). Adicionalmente, se probó una capa de índice topográfico de humedad

(Wetness Index) en la primera fase del proyecto, sin embargo en las pruebas preliminares esta capa resultó poco informativa. Al hacer estas mismas pruebas con las capas de orientación y pendiente, estas resultaron más importantes para ciertas especies (por ejemplo *A. duranguensis var. coahuilensis* y *A. religiosa*).

Para determinar las capas bioclimáticas que presentan una correlación alta (≥ 0.9), se utilizó el programa ENMtools ver.1.3 (Warren y Turelli, 2010), el cual tiene implementada una opción (Correlation) que mide la correlación entre pares de capas "raster", entregando una tabla con los coeficientes de correlación de Pearson para cada par de comparaciones (Tabla 3.1). De las variables correlacionadas se conservaron en la medida de lo posible aquellas que pudieran ser interpretadas más fácilmente, es decir aquellas como "Temperatura media anual" o "Precipitación anual" que conllevan un menor tratamiento matemático si se les compara con variables como "Rango de temperatura anual" que es el resultado de la sustracción de las variables "Máxima temperatura del mes más cálido" y "Mínima temperatura del mes más frío". Cuando estos criterios no se cumplieron las capas con una correlación similar (≥ 0.9) se escogieron de manera indistinta. Además se corrieron varias series de análisis con Maxent 3.3k utilizando distintos sets de variables para explorar las curvas de respuesta de las variables, así como para tener el análisis de contribución de variables implementado en el programa (*jackknife test of variable importance*). Con estos datos se determinó qué conjunto de variables no correlacionadas contribuían más al modelo.

Adicionalmente, y para ayudarnos a discernir la importancia de algunas pocas variables, se extrajo la información climática de cada uno de los puntos para las 19 variables climáticas disponibles en Worldclim y de las capas de orientación y pendiente, los cuales fueron transformados a LN para realizar un análisis de componentes principales (Fig. 3.1). La relación final de las capas utilizadas en los análisis finales se puede ver en la tabla 3.2.

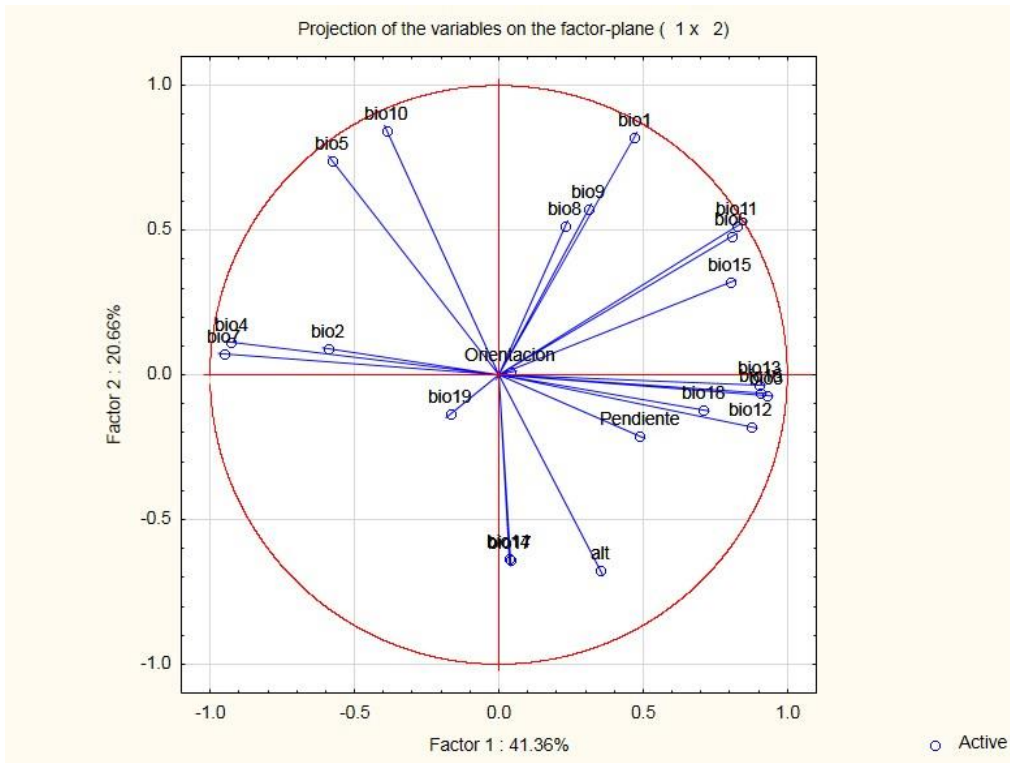


Figura 3.1. Grafica del primero y segundo factor obtenidos en el análisis de componentes principales, mostrando la importancia de cada variable utilizada.

Tabla 3.1. Coeficientes de correlación de Pearson de las comparaciones pareadas entre capas bioclimáticas y topográficas, resultado del análisis con ENMtools.

SPECIES	Alt	Bio_1	Bio_2	Bio_3	Bio_4	Bio_5	Bio_6	Bio_7	Bio_8	Bio_9	Bio_10	Bio_11	Bio_12	Bio_13	Bio_14	Bio_15	Bio_16	Bio_17	Bio_18	Bio_19	Orientacion	Pendiente	
Alt	0	-0.125	0.551	0.307	-0.262	-0.153	0.007	-0.100	-0.352	0.116	-0.342	0.031	-0.346	-0.218	-0.356	0.142	-0.228	-0.362	-0.382	-0.200	0.045	0.443	
Bio_1	0	0.000	0.300	0.804	-0.802	0.858	0.957	-0.771	0.559	0.834	0.905	0.972	0.358	0.448	0.108	0.306	0.408	0.123	0.290	0.144	0.032	-0.056	
Bio_2	0	0.000	0.000	0.434	-0.242	0.536	0.229	0.009	0.122	0.334	0.302	0.306	-0.481	-0.337	-0.427	0.305	-0.366	-0.437	-0.410	-0.367	0.034	-0.020	
Bio_3	0	0.000	0.000	0.000	-0.937	0.547	0.876	-0.845	0.287	0.805	0.520	0.895	0.276	0.484	-0.122	0.488	0.446	-0.109	0.174	0.099	0.055	0.204	
Bio_4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.461	-0.927	0.964	-0.161	-0.862	-0.474	-0.919	-0.423	-0.552	-0.073	-0.319	-0.524	-0.094	-0.207	-0.312	-0.058	-0.314	
Bio_5	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.715	-0.365	0.585	0.645	0.954	0.753	0.029	0.098	-0.054	0.237	0.057	-0.048	0.041	-0.106	0.017	-0.258	
Bio_6	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.912	0.376	0.898	0.756	0.994	0.438	0.529	0.137	0.280	0.496	0.158	0.262	0.282	0.046	0.119	
Bio_7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.156	-0.818	-0.446	-0.881	-0.567	-0.648	-0.214	-0.234	-0.627	-0.238	-0.325	-0.438	-0.051	-0.311	
Bio_8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122	0.687	0.422	0.093	0.208	-0.072	0.362	0.170	-0.073	0.420	-0.298	-0.032	-0.411	
Bio_9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.629	0.892	0.336	0.386	0.149	0.169	0.362	0.168	0.064	0.358	0.068	0.196	
Bio_10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.783	0.207	0.244	0.099	0.210	0.206	0.107	0.241	-0.006	0.008	-0.294	
Bio_11	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.389	0.498	0.094	0.322	0.461	0.112	0.253	0.218	0.044	0.091	
Bio_12	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.891	0.692	-0.156	0.909	0.720	0.721	0.755	0.026	0.118	
Bio_13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.337	0.257	0.992	0.366	0.697	0.569	0.025	0.161	
Bio_14	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.680	0.365	0.992	0.502	0.640	0.014	0.008	
Bio_15	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	-0.675	0.011	-0.296	-0.001	0.018	
Bio_16	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.394	0.692	0.608	0.026	0.168	
Bio_17	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.512	0.675	0.016	0.016	
Bio_18	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.228	-0.007	-0.100	
Bio_19	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.259	
Orientacion	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062
Pendiente	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 3.2. Relación de las capas utilizadas para cada uno de los análisis finales.

Especie	Nombre aceptado	Capas utilizadas
<i>Abies concolor</i>	<i>Abies concolor</i>	Altitud, BIO2, 7, 15, 16 17, 18, 19
<i>Abies religiosa</i>	<i>Abies religiosa</i>	Altitud, Pendiente, BIO2, 8, 11, 15, 16
<i>Abies guatemalensis</i>	<i>Abies guatemalensis</i>	Altitud, Orientación, BIO2, 4, 5, 6, 13, 18
<i>Abies flinckii</i>	<i>Abies guatemalensis</i> var. <i>jaliscana</i>	Orientación, BIO2, 6, 12, 14, 15, 19
<i>Abies hickelii</i>	<i>Abies hickelii</i>	Altitud, Orientación, BIO7, 17, 19
<i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i>	<i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i>	Altitud, Orientación, Pendiente, BIO2, 7, 18, 19
<i>Abies durangensis</i>	<i>Abies durangensis</i>	BIO1, 6, 13, 15, 18, 19
<i>Abies vejarii</i>	<i>Abies vejarii</i> y <i>A.v. var. mexicana</i>	Orientación, BIO6, 7, 17, 18, 19

4. Método de modelación

Los análisis de distribuciones potenciales se realizaron empleando el software Maxent ver. 3.3.3k, el cual utiliza una técnica de aprendizaje de máquina que se basa en el principio de máxima entropía para escoger modelos consistentes con la información disponible (Phillips *et al.*, 2006). Asimismo, Maxent ha demostrado en distintas simulaciones la generación de buenas predicciones aún con muestras pequeñas (Phillips *et al.* 2006, Peterson *et al.* 2007, Leaché *et al.*, 2009).

5. Parámetros utilizados en la modelación

Los datos geográficos finales de la distribución de las especies y las variables climáticas seleccionadas, cortadas con el área *M* correspondiente, sirvieron de insumo para este programa con el cual se generó el modelo de distribución geográfica. Los parámetros de elaboración utilizados fueron: salida de tipo logística, 75% de puntos de entrenamiento y 25% de puntos de prueba (todos los puntos en el caso de *Abies durangensis var. coahuilensis* y *A vejari* por tener un número reducido de localidades conocidas) con selección de localidades únicas. No se utilizó la opción de *Clamping* y ni de extrapolación para evitar extrapolaciones artificiales en los valores extremos de las variables ecológicas, ya que nuestras especies están restringidas a zonas montañosas. Además que la opción de *Clamping* extrapola la distribución de algunas especies a zonas donde no se han colectado, por ejemplo la distribución de *A. vejarii* se extrapola a zonas muy al sur como Veracruz y Oaxaca dónde la especie no se encuentra (Elith *et al.*, 2011).

Finalmente, el archivo tipo ASCII generado por el programa Maxent fue importado al programa ArcMap 10.0 para hacer un corte utilizando el “*Minimum training presence*” y obtener el modelo de distribución potencial. En la figura 5.1 se muestra el modelo final para *A. concolor*, este y los demás modelos pueden verse con más detalle en el anexo 5.

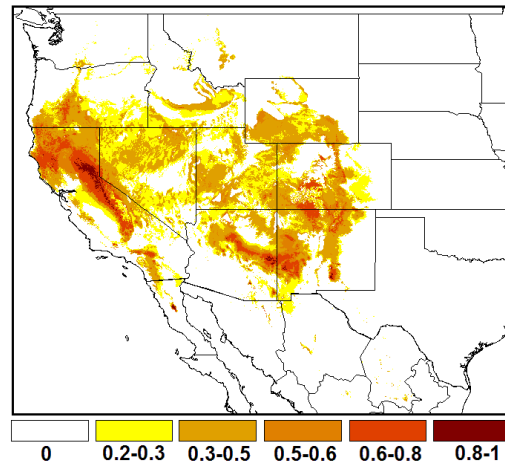


Figura 5.1. Modelado de nicho para *Abies concolor*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (*suitability*). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

6. Evaluación del modelo

Los modelos finales se validaron por medio del análisis de ROC parcial (Peterson, *et al.*, 2008) con 1000 réplicas *bootstrap*. En todos los casos, las razones AUC fueron mayores a 1, indicando que los modelos son estadísticamente mejores que el azar. Los histogramas de las razones AUC para cada especie se pueden consultar en el anexo 6, pero un ejemplo lo podemos ver en la figura 6.1.

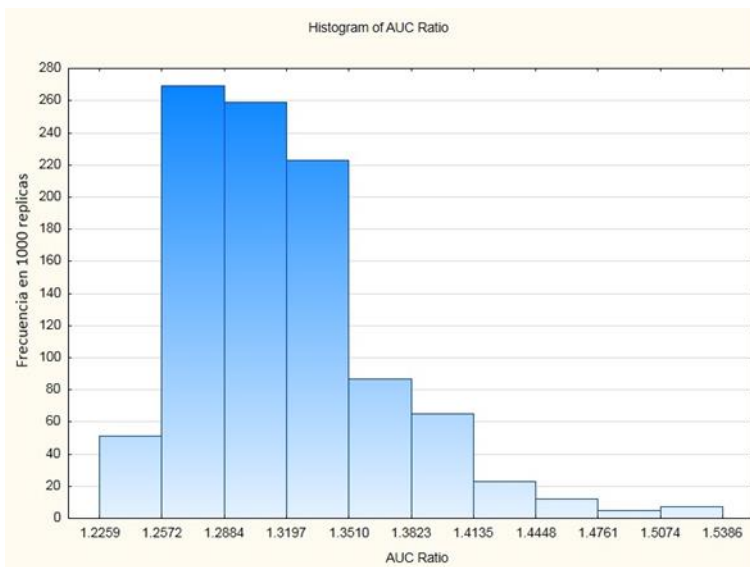


Figura 6.1. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. concolor*.

VI. Conclusiones

Uno de los problemas para la realización de los modelos (más allá de los problemas habituales en las bases de datos como los datos mal capturados, las localidades incompletas etc.) fue el de la identidad taxonómica de las poblaciones. Este fue el caso de *Abies flinckii*, que en la última edición del *Conifer database* se considera (en parte) como *Abies guatemalensis* var. *jaliscana* (Farjon, 2013). Estas propuestas están basadas principalmente en caracteres morfológicos, pero datos genéticos recientes indican que dentro del complejo formado por *A. flinckii*, *A. guatemalensis*, *A. religiosa* y *A. hickelli* (todas especies muy cercanas), la primera es el taxón más divergente (Jaramillo-Correa *et al.*, 2008; Aguirre-Planter *et al.* 2012), razón por la cual decidimos modelarla por separado. Como se puede apreciar en las figuras 5.3 a 5.5 en el anexo 5, los modelos de nicho ecológico parecen indicar que *A. flinckii* es un tanto diferente ecológicamente que las otras especies del complejo. Por ejemplo, al modelar *A. guatemalensis* junto con las poblaciones de *A. flinckii* (modelo de *A. guatemalensis sensu lato*), se obtiene un modelo en el que prácticamente ninguna localidad presenta pixeles con una idoneidad (*suitability*) mayor a 0.9, esto a pesar de la cercanía geográfica de algunas de las poblaciones de las dos variedades. Al correr los modelos sin los datos de *A. flinckii*, el modelo de *A. guatemalensis* arroja áreas de idoneidad mayores al 0.9 en varias partes, en especial en los Cuchumatanes en Guatemala, lo que podría indicar cierta diferenciación ecológica. Lo anterior se tiene que corroborar con pruebas de solapamiento y amplitud de nicho, pero con estos datos pensamos que lo más adecuado es presentar a *A. guatemalensis* y a *A. flinckii* como modelos separados.

Los datos moleculares también indican una compleja historia de los abetos en México y Guatemala, moldeada por la deriva génica y el aislamiento en los últimos periodos interglaciares (Eguiarte y Furnier, 1997; Aguirre-Planter *et al.* 2000). Esta complejidad de escenarios podría traer consecuencias contrastantes. En algunos casos poblaciones aisladas podrían tener nichos conservados y en otros casos, poblaciones divergentes y con adaptaciones a condiciones climáticas un poco distintas a las del resto de las especies. Si bien estas suposiciones tienen que ser probadas con estudios de conservadurismo filogenético del nicho, este es probablemente el caso de *A. durangensis* y *A. durangensis* var. *coahuilensis*, ya que pruebas preliminares de solapamiento de nicho realizadas paralelamente a este estudio indican que desde el punto de vista ecológico son muy diferentes, aunque molecularmente no se haya encontrado monofilia recíproca (Eguiarte y Furnier, 1997; Aguirre-Planter *et al.*, 2012). Por otro lado, las poblaciones de *A. durangensis* var. *coahuilensis* son ecológicamente muy similares a *A. vejarii* y *A.*

gutemalensis, lo que sugiere que el nicho de *A. vejarii* estaría anidado en el de la primera, tal como se puede ver en las figuras 5.7 a 5.9 del anexo 5.

Asimismo, *A. concolor* y *A. durangensis* parecen constituir entidades ecológicas distintas entre sí y con respecto al resto de abetos de México y Guatemala. Por ejemplo, en las figuras del anexo 5 y en los perfiles bioclimáticos del anexo 2 se observa que *A. concolor* sólo se presenta de manera relictual en el norte de México, pero está presente en grandes áreas del oeste y noroeste de EU. Estas regiones se caracterizan por tener inviernos fríos y con la mayor parte de las precipitaciones durante el trimestre más frío del año, en especial hacia el Norte de la Sierra Nevada, donde los valores de idoneidad de la especie son más altos. En contra parte, los demás abetos de México están en zonas con inviernos más templados y con la mayor precipitación concentrada en el trimestre más cálido del año.

Como señalamos al principio de esta sección, la mayor limitante para modelar nicho ecológicos en los abetos mexicanos no son sólo la cantidad de puntos, sino el saber qué poblaciones se deben de incluir dentro de cada modelo. Por eso pensamos que es importante hacer pruebas con distintos sets de datos y modelar todas las poblaciones según las diferentes propuestas taxonómicas existentes, y quizá de esa manera se pueda retroalimentar información que ayude a la delimitación de las especies.

8. Referencias

- Aguirre-Planter, E., G. R. Furnier y L. E. Eguiarte. 2000. Low levels of genetic differentiation among populations of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *Am.J. Bot.* 87(3): 362-371.
- Aguirre-Planter, E., Jaramillo-Correa, J.P., Gómez-Acevedo, S., Khasa, D.P., Bousquet, J., Eguiarte, E. 2012. Phylogeny, diversification rates and species boundaries of Mesoamerican firs (*Abies*, Pinaceae) in a genus-wide context. *Mol Phyl Evol* 62: 263-274.
- Cayuela, L. 2006. Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. *Ecosistemas* 15: 192-198.
- Chapman A. D. 2005b. Principles and Methods of Data Cleaning – Primary Species and Species-Occurrence Data, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.
- Cuevas-Guzmán, R., E.A. Cisneros-Lepe, E.J. Jardel-Peláez, E.V. Sánchez-Rodríguez, L. Guzmán-Hernández, N.M. Núñez-López & C. Rodríguez-Guerrero. 2011. Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 82: 1219-1233.
- DIVA-GIS. 2012. User Manual, version 7.5 [en línea]. Disponible en: http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS_manu
- Eguiarte Fruns, L. E. y G. R. Furnier. 1997. Niveles y patrones de variación genética del género *Abies* en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. B138. México, D.F.
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ (2011) A statistical explanation of Maxent for ecologist. *Diversity and Distributions*, 17, 43–57.
- Enright, N. J. y R. S. Hill. 1990. Ecology of the southern conifers. Washington, DC. Smithsonian. 342 p.
- Farjon A., y C. N. Page. 1999. Conifers. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Conifer Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. IUCN. 121 p.
- Farjon A. (2013). Conifer Database (version Jul 2011). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2013 Annual Checklist (Roskov Y., Kunze T., Paglinawan L., Orrell T., Nicolson D., Culham A., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., Baillargeon G., Hernandez F., De Wever A., eds). DVD; Species 2000: Reading, UK.

- Gómez G., L. E. 2004. Valoración de bienes y servicios ambientales en los bosques naturales de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), en tres regimens de propiedad , de los municipios San José Ojetenam, San Cristóbal Ixchiguán y Concepción Tutuapa, San Marcos. Tesis Ing. Ftal. Centro Universitario del Nor-Occidente. USAC. Guatemala.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25: 1965-1978.
- HYDRO1k Elevation Derivative Database. http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30/hydro/namerica.
- Jaramillo-Correa, J. P., E. Aguirre-Planter, D. M. Khasa, L. E. Eguiarte, D. Piñero, G. R., Furnier y J. Bousquet. 2008. Ancestry and divergence of subtropical montane forest isolates: molecular biogeography of the genus *Abies* (Pinacea) in southern México and Guatemala. *Molecular Ecology* 17: 2476–2490.
- Jenness, J. 2012. DEM Surface Tools. Jenness Enterprises. Available at: http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm.
- Leaché, A.D., M.S. Kooa, C.L. Spencera, T.J. Papenfussa, R.N. Fisherb, and J.A. McGuirea. 2009. Quantifying ecological, morphological, and genetic variation to delimit species in the coast horned lizard species complex (*Phrynosoma*). *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 106:2418–12423.
- Liu, T. S., 1971. A Monograph of the Genus *Abies*. National Taiwan University Press. 609 pages.
- Martínez-Arévalo, J. V. 2013. Plantas asociadas a los bosques de *Abies guatemalensis* (Pinaceae) del occidente de Guatemala. *Rev. Biol.Trop.* 61 (1): 321-333.
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem. 2004. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (ver.2). *BioScience* 51:933-938.
- Peterson, A.T., M. Papes y M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
- Peterson, A. T., M. Papes and J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213:63-72.
- Rushforth, K.D. 1989. Two new species of *Abies* (Pinaceae) from western Mexico. *Notes RBG Edinb.* 46(1):101-109.

- Sáenz-Romero C., Rehfeldt G. E., Duval P., Lindig-Cisneros R. A. 2012. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275: 98–106.
- Steven J. Phillips, Robert P. Anderson, Robert E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259.
- Warren, D.L., R.E. Glor, and M. Turelli. 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography* 33:607-611.
- Williams, C. G. (2009). *Conifer reproductive biology*. Dordrecht: Springer. 188 p.

ANEXO 1. Documentación del material entregado.

Especies incluidas	Especies con modelo	Especies sin modelo	Nombre corto	Nombre en metabase
<i>Abies concolor</i>	X		abicon	<i>Abies concolor</i>
<i>Abies religiosa</i>	X		abidur	<i>Abies religiosa</i>
<i>Abies guatemalensis</i>	X		abicoa	<i>Abies guatemalensis</i>
<i>Abies guatemalensis sensu lato</i>	X		abigul	<i>Abies guatemalensis sensu lato</i>
<i>Abies flinckii</i>	X		abirel	<i>Abies guatemalensis var. jaliscana</i>
<i>Abies hickelii</i>	X		abihic	<i>Abies hickelii</i>
<i>Abies durangensis</i>	X		abigua	<i>Abies durangensis</i>
<i>Abies durangensis var. coahuilensis</i>	X		abifli	<i>Abies durangensis var. coahuilensis</i>
<i>Abies vejarii</i>	X		abivej	<i>Abies vejarii</i>
<i>Abies mexicana</i>		X	-	<i>Abies vejarii</i>
<i>Abies hidalgensis</i>		X	-	-

Nota: En rojo se marcan las especies que no se comprometieron en un principio.

ANEXO 2. Perfiles bioclimáticos.

Tabla 1.2. Perfil bioclimático de *A. concolor*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	127	9.554	0.9042	21.046	4.2191
Oscilación diurna de la temperatura	127	15.653	7.6333	20.700	2.1166
Isotermalidad	127	43.858	32.0319	60.897	4.8731
Estacionalidad de la temperatura	127	750.479	215.6386	1125.417	150.0615
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	127	29.224	20.6000	41.500	4.3483
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	127	-6.902	-17.2000	8.700	5.8634
Oscilación anual de la temperatura	127	36.125	13.3000	49.800	5.8909
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	127	10.993	-7.6167	31.017	8.6110
Temperatura promedio del trimestre más seco	127	11.803	-8.4500	26.983	9.1281
Temperatura promedio del trimestre más cálido	127	19.029	11.2167	31.517	4.1997
Temperatura promedio del trimestre más frío	127	0.721	-8.4500	12.983	5.0595
Precipitación anual	127	554.142	80.0000	1868.000	370.5916
Precipitación del periodo más lluvioso	127	92.520	13.0000	329.000	69.1534
Precipitación del periodo más seco	127	11.465	0.0000	38.000	7.7611
Estacionalidad de la precipitación	127	55.608	14.1414	104.387	24.2179
Precipitación del trimestre más lluvioso	127	248.441	30.0000	945.000	194.6765
Precipitación del trimestre más seco	127	45.850	0.0000	124.000	24.9619
Precipitación del trimestre más cálido	127	95.835	4.0000	312.000	68.6470
Precipitación del trimestre más frío	127	200.937	21.0000	882.000	206.8012

Tabla 1.3. Perfil bioclimático de *A. religiosa*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	108	12.088	4.763	18.996	2.6331
Oscilación diurna de la temperatura	108	14.085	10.150	16.908	1.3158
Isotermalidad	108	69.072	61.970	74.028	3.2739
Estacionalidad de la temperatura	108	161.633	72.910	262.501	33.5581
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	108	22.096	13.500	29.600	2.9757
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	108	1.682	-3.300	10.800	2.5645
Oscilación anual de la temperatura	108	20.414	14.300	24.400	1.8994
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	108	12.992	4.867	20.733	2.7746
Temperatura promedio del trimestre más seco	108	10.748	4.267	19.267	2.9387
Temperatura promedio del trimestre más cálido	108	13.922	6.033	21.117	2.7910
Temperatura promedio del trimestre más frío	108	9.938	3.533	17.750	2.4617
Precipitación anual	108	1131.769	614.000	1960.000	246.7938
Precipitación del periodo más lluvioso	108	230.389	120.000	387.000	57.4111
Precipitación del periodo más seco	108	11.611	2.000	39.000	7.0404
Estacionalidad de la precipitación	108	94.396	72.519	111.207	8.9745
Precipitación del trimestre más lluvioso	108	650.500	353.000	1050.000	158.2496
Precipitación del trimestre más seco	108	43.148	14.000	121.000	21.2316
Precipitación del trimestre más cálido	108	323.796	100.000	574.000	88.3041
Precipitación del trimestre más frío	108	57.889	27.000	181.000	26.4007

Tabla 1.4. Perfil bioclimático de *A. guatemalensis*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	53	16.485	9.6292	24.321	3.6468
Oscilación diurna de la temperatura	53	12.877	9.0417	17.942	1.6734
Isotermalidad	53	68.357	46.1183	80.272	7.6900
Estacionalidad de la temperatura	53	179.176	54.8897	623.124	121.8994
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	53	25.798	17.0000	35.800	4.9337
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	53	6.589	1.3000	17.200	3.1983
Oscilación anual de la temperatura	53	19.209	12.4000	30.700	4.0716
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	53	17.535	10.2000	27.400	4.2332
Temperatura promedio del trimestre más seco	53	14.814	8.4500	24.150	3.3467
Temperatura promedio del trimestre más cálido	53	18.456	10.4333	28.167	4.5361
Temperatura promedio del trimestre más frío	53	14.102	8.4500	22.283	3.0508
Precipitación anual	53	1289.491	435.0000	3701.000	520.2053
Precipitación del periodo más lluvioso	53	254.698	92.0000	487.000	72.0816
Precipitación del periodo más seco	53	15.755	2.0000	127.000	18.7298
Estacionalidad de la precipitación	53	88.390	46.4807	107.772	13.7455
Precipitación del trimestre más lluvioso	53	653.698	196.0000	1363.000	209.7106
Precipitación del trimestre más seco	53	58.415	10.0000	402.000	60.0104
Precipitación del trimestre más cálido	53	393.170	90.0000	896.000	211.1447
Precipitación del trimestre más frío	53	74.057	10.0000	587.000	86.2466

Tabla 1.5. Perfil bioclimático de *A. guatemalensis sensu lato*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	85	16.125	9.6292	24.321	3.3813
Oscilación diurna de la temperatura	85	13.227	9.0417	17.942	1.5615
Isotermalidad	85	67.167	46.1183	80.272	6.3815
Estacionalidad de la temperatura	85	183.482	54.8897	623.124	97.3247
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	85	25.860	17.0000	35.800	4.3987
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	85	5.912	0.4000	17.200	2.9776
Oscilación anual de la temperatura	85	19.948	12.4000	30.700	3.4815
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	85	17.266	10.2000	27.400	3.8177
Temperatura promedio del trimestre más seco	85	14.823	8.4500	24.150	3.1274
Temperatura promedio del trimestre más cálido	85	18.140	10.4333	28.167	4.0104
Temperatura promedio del trimestre más frío	85	13.670	7.8000	22.283	2.9789
Precipitación anual	85	1260.412	435.0000	3701.000	420.4776
Precipitación del periodo más lluvioso	85	261.247	92.0000	487.000	62.4644
Precipitación del periodo más seco	85	12.529	2.0000	127.000	15.3736
Estacionalidad de la precipitación	85	94.553	46.4807	118.190	13.9731
Precipitación del trimestre más lluvioso	85	691.071	196.0000	1363.000	182.8723
Precipitación del trimestre más seco	85	48.000	10.0000	402.000	49.4626
Precipitación del trimestre más cálido	85	411.906	90.0000	896.000	183.4527
Precipitación del trimestre más frío	85	68.576	10.0000	587.000	68.7539

Tabla 1.6. Perfil bioclimático de *A. flinckii*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	32	15.529	10.046	20.196	2.8433
Oscilación diurna de la temperatura	32	13.806	11.950	16.183	1.1637
Isotermalidad	32	65.195	59.485	68.833	2.1714
Estacionalidad de la temperatura	32	190.613	148.607	253.815	25.6243
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	32	25.963	19.800	32.300	3.4028
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	32	4.791	0.400	8.500	2.1876
Oscilación anual de la temperatura	32	21.172	19.000	25.800	1.5992
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	32	16.820	11.000	22.133	3.0175
Temperatura promedio del trimestre más seco	32	14.838	9.550	20.517	2.7775
Temperatura promedio del trimestre más cálido	32	17.618	11.850	22.483	2.9349
Temperatura promedio del trimestre más frío	32	12.954	7.800	17.883	2.7539
Precipitación anual	32	1212.250	780.000	1441.000	145.9527
Precipitación del periodo más lluvioso	32	272.094	182.000	332.000	40.7727
Precipitación del periodo más seco	32	7.188	3.000	13.000	2.1767
Estacionalidad de la precipitación	32	104.759	95.412	118.190	6.2985
Precipitación del trimestre más lluvioso	32	752.969	494.000	901.000	102.4914
Precipitación del trimestre más seco	32	30.750	13.000	63.000	9.7947
Precipitación del trimestre más cálido	32	442.938	210.000	658.000	121.7244
Precipitación del trimestre más frío	32	59.500	32.000	84.000	13.9677

Tabla 1.7. Perfil bioclimático de *A. hickelii*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	38	13.182	6.946	17.896	2.9641
Oscilación diurna de la temperatura	38	13.536	10.458	16.225	1.2951
Isotermalidad	38	71.697	61.160	78.139	3.1724
Estacionalidad de la temperatura	38	132.818	55.492	210.664	33.0038
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	38	22.645	15.800	27.800	3.1913
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	38	3.771	-1.500	9.200	2.6920
Oscilación anual de la temperatura	38	18.874	14.600	22.000	1.5323
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	38	13.708	7.283	19.250	3.0940
Temperatura promedio del trimestre más seco	38	12.262	6.233	16.600	2.8392
Temperatura promedio del trimestre más cálido	38	14.754	8.433	20.117	3.0442
Temperatura promedio del trimestre más frío	38	11.454	5.367	15.867	2.8973
Precipitación anual	38	1322.789	389.000	1914.000	311.1643
Precipitación del periodo más lluvioso	38	261.184	73.000	349.000	55.2468
Precipitación del periodo más seco	38	20.447	4.000	51.000	12.3807
Estacionalidad de la precipitación	38	88.433	75.020	106.841	7.5098
Precipitación del trimestre más lluvioso	38	712.474	185.000	980.000	156.6616
Precipitación del trimestre más seco	38	70.289	19.000	157.000	35.0643
Precipitación del trimestre más cálido	38	307.158	137.000	534.000	112.2766
Precipitación del trimestre más frío	38	94.105	21.000	165.000	42.5783

Tabla 1.8. Perfil bioclimático de *A. durangensis*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	34	13.240	10.175	17.800	2.0444
Oscilación diurna de la temperatura	34	16.113	12.100	18.250	2.1799
Isotermalidad	34	58.560	54.193	61.761	1.6238
Estacionalidad de la temperatura	34	419.789	307.891	545.854	74.2877
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	34	26.844	21.000	32.800	3.1908
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	34	-0.721	-5.700	6.600	2.4618
Oscilación anual de la temperatura	34	27.565	20.600	32.200	3.9863
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	34	17.685	13.433	22.583	2.3968
Temperatura promedio del trimestre más seco	34	12.613	9.617	17.850	2.0018
Temperatura promedio del trimestre más cálido	34	18.180	13.900	23.217	2.4134
Temperatura promedio del trimestre más frío	34	8.077	3.533	13.267	1.9692
Precipitación anual	34	999.412	614.000	1406.000	193.2093
Precipitación del periodo más lluvioso	34	246.824	139.000	311.000	39.4181
Precipitación del periodo más seco	34	10.441	6.000	16.000	2.9969
Estacionalidad de la precipitación	34	98.928	80.111	119.323	12.4033
Precipitación del trimestre más lluvioso	34	618.794	351.000	823.000	105.6678
Precipitación del trimestre más seco	34	51.529	35.000	69.000	9.5481
Precipitación del trimestre más cálido	34	561.824	301.000	746.000	100.8802
Precipitación del trimestre más frío	34	149.559	88.000	240.000	41.6546

Tabla 1.9. Perfil bioclimático de *A. durangensis var. coahuilensis*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	14	15.704	10.7250	21.208	3.5043
Oscilación diurna de la temperatura	14	13.723	12.2833	16.758	1.0072
Isotermalidad	14	56.652	47.3118	66.983	6.8964
Estacionalidad de la temperatura	14	391.833	220.3767	549.886	109.7284
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	14	27.357	21.2000	31.800	3.7827
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	14	2.921	-0.4000	8.700	3.0522
Oscilación anual de la temperatura	14	24.436	21.0000	27.900	2.3110
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	14	19.165	12.4167	24.183	4.0956
Temperatura promedio del trimestre más seco	14	11.674	7.4333	16.383	2.6728
Temperatura promedio del trimestre más cálido	14	19.911	13.1000	24.867	4.1277
Temperatura promedio del trimestre más frío	14	10.437	6.3500	16.383	3.1986
Precipitación anual	14	598.571	361.0000	992.000	226.7892
Precipitación del periodo más lluvioso	14	112.286	72.0000	198.000	43.2709
Precipitación del periodo más seco	14	13.500	7.0000	24.000	6.1111
Estacionalidad de la precipitación	14	72.496	56.8324	87.788	10.6314
Precipitación del trimestre más lluvioso	14	295.857	188.0000	518.000	117.2583
Precipitación del trimestre más seco	14	51.071	28.0000	80.000	18.1806
Precipitación del trimestre más cálido	14	247.214	159.0000	443.000	102.4291
Precipitación del trimestre más frío	14	55.643	36.0000	86.000	17.6400

Tabla 1.10. Perfil bioclimático de *A. vejarii*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	25	12.920	10.725	19.763	2.2895
Oscilación diurna de la temperatura	25	14.215	13.375	15.458	0.5293
Isotermalidad	25	65.327	57.903	67.955	2.4670
Estacionalidad de la temperatura	25	251.885	213.589	393.759	39.4486
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	25	23.504	21.200	31.200	2.4669
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	25	1.724	0.100	6.000	1.6141
Oscilación anual de la temperatura	25	21.780	21.000	25.200	0.9474
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	25	14.969	12.333	23.433	2.6003
Temperatura promedio del trimestre más seco	25	10.243	8.167	15.233	1.8472
Temperatura promedio del trimestre más cálido	25	15.621	13.100	23.933	2.5997
Temperatura promedio del trimestre más frío	25	9.491	7.683	14.533	2.0156
Precipitación anual	25	639.720	484.000	1010.000	104.6946
Precipitación del periodo más lluvioso	25	112.680	78.000	251.000	34.7248
Precipitación del periodo más seco	25	19.120	13.000	24.000	3.4196
Estacionalidad de la precipitación	25	60.822	53.388	86.541	7.7504
Precipitación del trimestre más lluvioso	25	281.720	200.000	496.000	55.0738
Precipitación del trimestre más seco	25	67.840	48.000	80.000	9.6120
Precipitación del trimestre más cálido	25	227.760	174.000	358.000	39.3195
Precipitación del trimestre más frío	25	72.600	53.000	86.000	9.9499

Tabla 1.11. Perfil bioclimático de *A. hidalgensis*.

VARIABLES AMBIENTALES	Número de localidades únicas	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Temperatura promedio anual	2	13.925	13.896	13.954	0.0412
Oscilación diurna de la temperatura	2	13.183	13.008	13.358	0.2475
Isotermalidad	2	65.749	65.369	66.130	0.5387
Estacionalidad de la temperatura	2	191.073	188.926	193.220	3.0363
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	2	24.050	24.000	24.100	0.0707
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	2	4.000	3.900	4.100	0.1414
Oscilación anual de la temperatura	2	20.050	19.900	20.200	0.2121
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	2	14.567	14.533	14.600	0.0471
Temperatura promedio del trimestre más seco	2	12.725	12.717	12.733	0.0118
Temperatura promedio del trimestre más cálido	2	16.250	16.183	16.317	0.0943
Temperatura promedio del trimestre más frío	2	11.492	11.483	11.500	0.0118
Precipitación anual	2	1033.000	962.000	1104.000	100.4092
Precipitación del periodo más lluvioso	2	221.500	204.000	239.000	24.7487
Precipitación del periodo más seco	2	18.000	17.000	19.000	1.4142
Estacionalidad de la precipitación	2	81.302	80.744	81.860	0.7892
Precipitación del trimestre más lluvioso	2	528.500	489.000	568.000	55.8614
Precipitación del trimestre más seco	2	64.000	60.000	68.000	5.6569
Precipitación del trimestre más cálido	2	269.000	256.000	282.000	18.3848
Precipitación del trimestre más frío	2	89.500	82.000	97.000	10.6066

ANEXO 3. Limpieza de datos (*Outliers* climáticos).

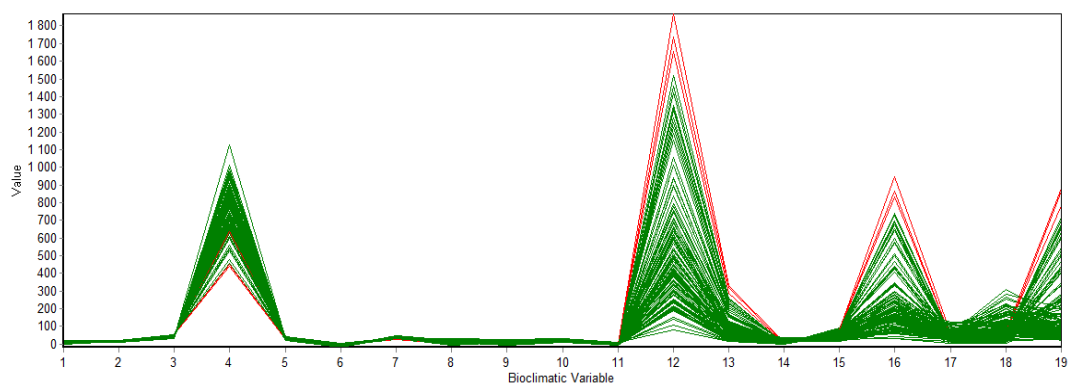


Figura 1.1. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de *Reverse jackknife* para *Abies concolor*. Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

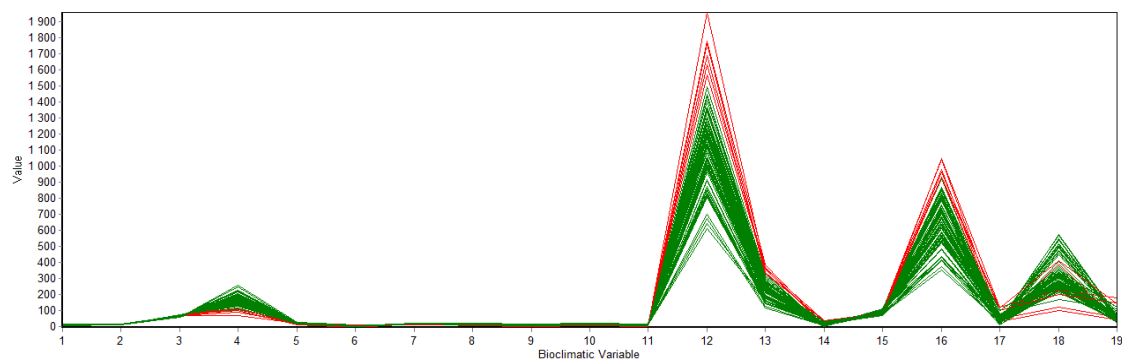


Figura 1.2. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de *Reverse jackknife* para *Abies religiosa*. Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

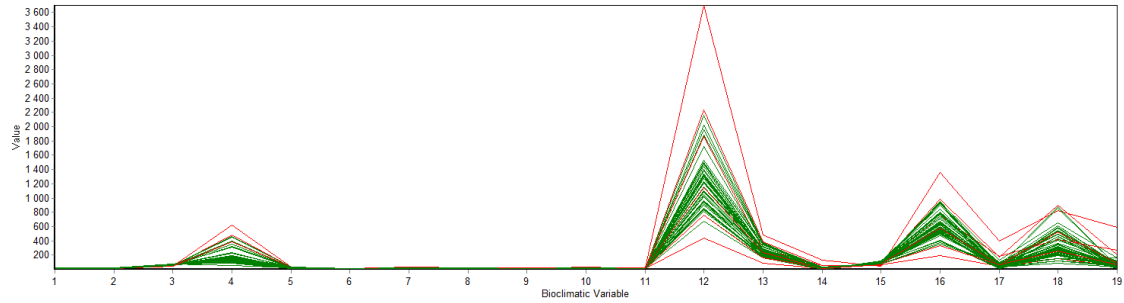


Figura 1.3. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de Reverse jackknife para *Abies guatemalensis* .Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

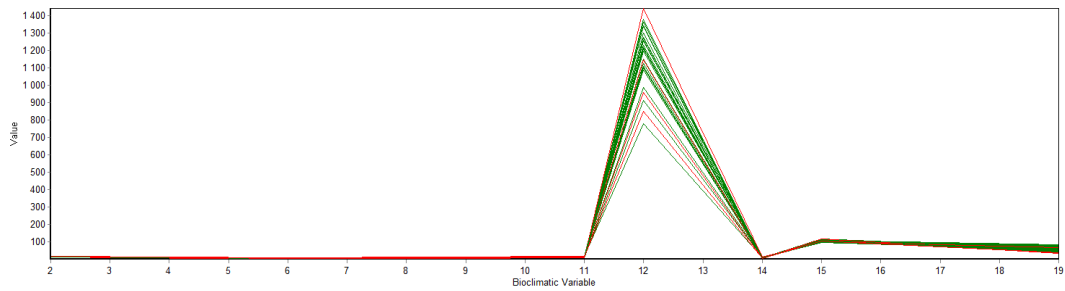


Figura 1.4. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de Reverse jackknife para *Abies flinckii* .Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

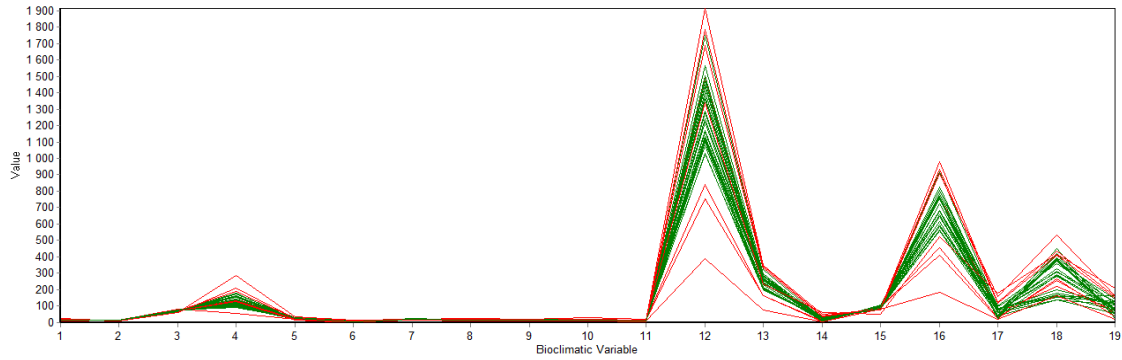


Figura 1.5. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de *Reverse jackknife* para *Abies hickelli*. Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

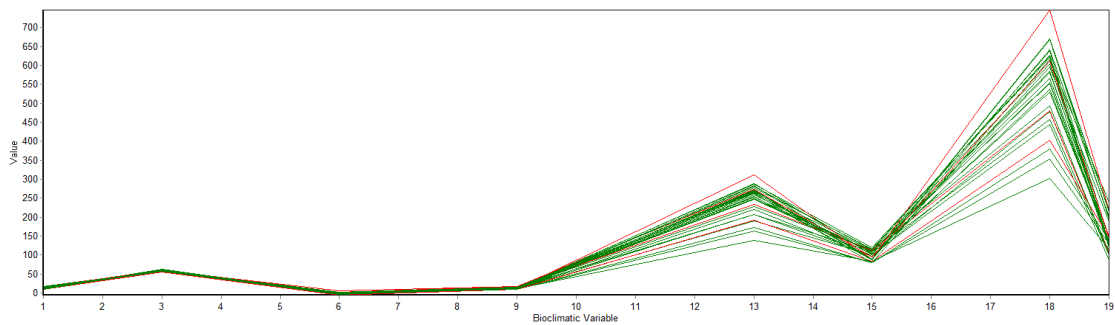


Figura 1.6. Gráfica de valores atípicos determinados por el análisis de *Reverse jackknife* para *Abies durangensis*. Cada línea representa una población y los valores atípicos se indican en color rojo.

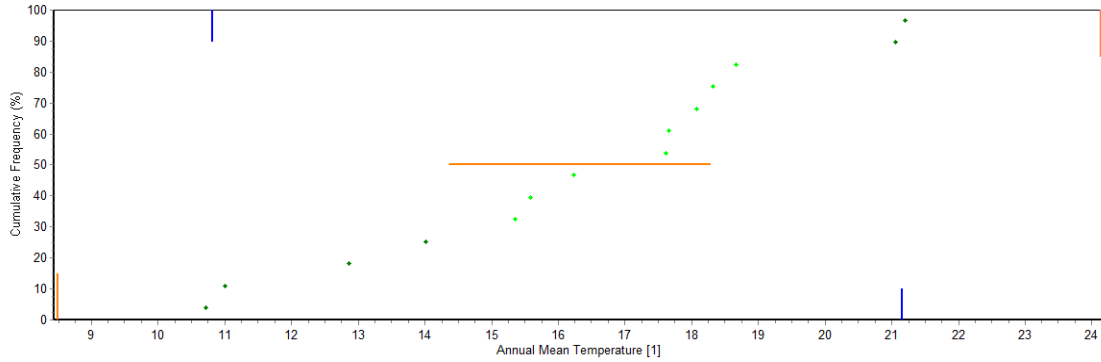


Figura 1.7. Análisis 1.5IQR para la temperatura media anual (BIO 1) en *A. durangensis var coahuilensis*, mostrando en rojo los límites 1.5IQR.

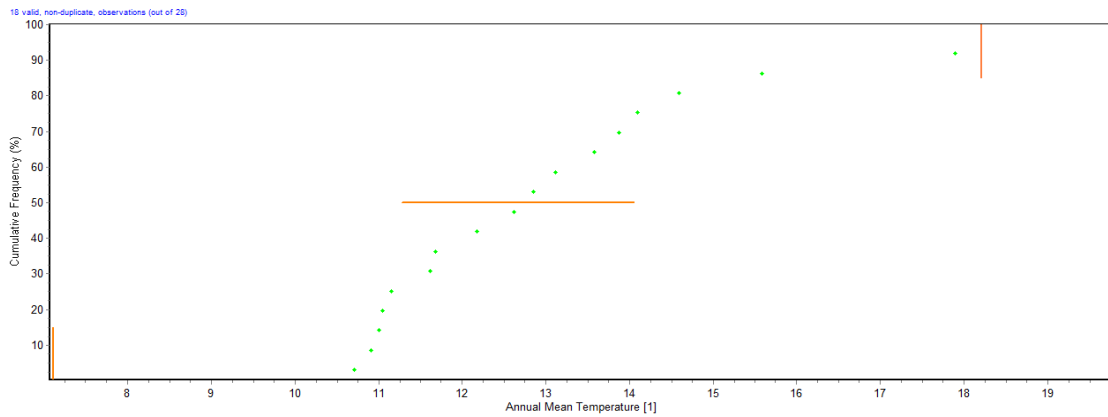


Figura 1.8. Análisis 1.5IQR para la temperatura media anual (BIO 1) en *Abies vejarii* mostrando en rojo los límites 1.5IQR.

ANEXO 4 Relación de Ecorregiones utilizadas en el área M para cada especie.

<i>A. durangensis var. coahuilensis</i>						
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO (Ecorregión Global)	eco_code
111	Veracruz moist forests	1	76	60176		NT0176
8748	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
8157	Chihuahuan desert	13	3	51303	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NA1303
9004	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9110	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9113	Meseta Central matorral	13	7	51307	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NA1307
9126	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
<i>A. concolor</i>						
2248	Klamath-Siskiyou forests	5	16	50516	Klamath-Siskiyou coniferous forests	NA0516
7744	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7603	Northern California coastal forests	5	19	50519	Pacific temperate rainforests	NA0519
8376	Sierra Madre Occidental pine-oak forests	3	2	50302	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0302
7735	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7737	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
6795	North Central Rockies forests	5	18	50518		NA0518
8094	Sonoran desert	13	10	51310	Sonoran-Baja Deserts	NA1310
6925	California montane chaparral and woodlands	12	3	51203	California chaparral and woodlands	NA1203
7204	Palouse grasslands	8	13	50813		NA0813
7299	Central and Southern Cascades forests	5	8	50508		NA0508
7309	Eastern Cascades forests	5	12	50512		NA0512
7434	Snake-Columbia shrub steppe	13	9	51309		NA1309
7437	Wyoming Basin shrub steppe	13	13	51313		NA1313
7780	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7781	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7783	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7786	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7537	Great Basin shrub steppe	13	5	51305		NA1305
7551	Western short grasslands	8	15	50815		NA0815
7589	Wasatch and Uinta montane forests	5	30	50530		NA0530
7643	Sierra Nevada forests	5	27	50527	Sierra Nevada Coniferous Forests	NA0527
7645	Colorado Plateau shrublands	13	4	51304		NA1304
7648	California interior chaparral and woodlands	12	2	51202	California chaparral and woodlands	NA1202
7656	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7659	California Central Valley grasslands	8	1	50801		NA0801

7705	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO	eco_code
7730	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7749	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7759	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7762	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7769	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7771	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7795	Great Basin montane forests	5	15	50515		NA0515
7861	Mojave desert	13	8	51308		NA1308
8052	Arizona Mountains forests	5	3	50503		NA0503
8068	Arizona Mountains forests	5	3	50503		NA0503
8147	California coastal sage and chaparral	12	1	51201	California chaparral and woodlands	NA1201
8157	Chihuahuan desert	13	3	51303	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NA1303
8183	Arizona Mountains forests	5	3	50503		NA0503
8188	Sierra Madre Occidental pine-oak forests	3	2	50302	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0302
8351	Sierra Madre Occidental pine-oak forests	3	2	50302	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0302
8457	Sierra Juarez and San Pedro Martir pine-oak forests	5	26	50526		NA0526
A. duranguensis						
8495	Sierra Madre Occidental pine-oak forests	3	2	50302	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0302
A. religiosa						
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO	eco_code
111	Veracruz moist forests	1	76	60176		NT0176
148	Oaxacan montane forests	1	46	60146		NT0146
207	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
230	Balsas dry forests	2	5	60205	Southern Mexican Dry Forests	NT0205
855	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
368	Veracruz montane forests	1	77	60177		NT0177
590	Jalisco dry forests	2	17	60217	Southern Mexican Dry Forests	NT0217
631	Bajío dry forests	2	4	60204	Southern Mexican Dry Forests	NT0204
701	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
742	Tehuacán Valley matorral	13	16	61316	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NT1316
754	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
765	Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests	3	8	60308	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0308
807	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO	eco_code
9157	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9110	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9137	Tamaulipan matorral	13	11	51311		NA1311
9431	Sierra Madre Oriental pine-oak	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental	NA0303

	forests				pine-oak forests	
A. guatemalensis						
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO	eco_code
111	Veracruz moist forests	1	76	60176		NT0176
927	Chiapas montane forests	1	13	60113		NT0113
148	Oaxacan montane forests	1	46	60146		NT0146
163	Central American montane forests	1	12	60112	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0112
207	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
230	Balsas dry forests	2	5	60205	Southern Mexican Dry Forests	NT0205
855	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
271	Central American montane forests	1	12	60112	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0112
368	Veracruz montane forests	1	77	60177		NT0177
590	Jalisco dry forests	2	17	60217	Southern Mexican Dry Forests	NT0217
631	Bajío dry forests	2	4	60204	Southern Mexican Dry Forests	NT0204
701	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
742	Tehuacán Valley matorral	13	16	61316	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NT1316
752	Petén-Veracruz moist forests	1	54	60154		NT0154
754	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
765	Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests	3	8	60308	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0308
807	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
940	Central American pine-oak forests	3	3	60303	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0303
1008	Sierra Madre de Chiapas moist forests	1	62	60162		NT0162
1030	Central American Atlantic moist forests	1	11	60111		NT0111
1073	Central American montane forests	1	12	60112	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0112
1094	Central American montane forests	1	12	60112	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0112
1116	Central American montane forests	1	12	60112	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0112
9157	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9110	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9137	Tamaulipan matorral	13	11	51311		NA1311
9431	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
A. hickelli						
148	Oaxacan montane forests	1	46	60146		NT0146
855	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
701	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
742	Tehuachuacán Valley matorral	13	16	61316	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NT1316
765	Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests	3	8	60308	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0308

El área sombreada coincide con el área donde se encuentra <i>A. hidalgensis</i>						
<i>A. flinckii</i>						
OBJECTID	ECO_NAME	BIOME	ECO_NUM	ECO_ID	G200_REGIO	eco_code
590	Jalisco dry forests	2	17	60217	Southern Mexican Dry Forests	NT0217
631	Bajío dry forests	2	4	60204	Southern Mexican Dry Forests	NT0204
754	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
207	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
<i>A. religiosa</i>						
148	Oaxacan montane forests	1	46	60146		NT0146
207	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
230	Balsas dry forests	2	5	60205	Southern Mexican Dry Forests	NT0205
855	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
654	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
701	Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests	3	10	60310	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0310
742	Tehuacán Valley matorral	13	16	61316	Chihuahuan-Tehuacán Deserts	NT1316
754	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
765	Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests	3	8	60308	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0308
807	Sierra Madre del Sur pine-oak forests	3	9	60309	Mesoamerican Pine-Oak Forests	NT0309
9305	Sierra Madre Occidental pine-oak forests	3	2	50302	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0302
9255	Central Mexican matorral	13	2	51302		NA1302
9431	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9444	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
9494	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303
<i>A. vejarii</i>						
9110	Sierra Madre Oriental pine-oak forests	3	3	50303	Sierra Madre Oriental and Occidental pine-oak forests	NA0303

Anexo 5. Modelos de distribución para los abetos presentes en México.

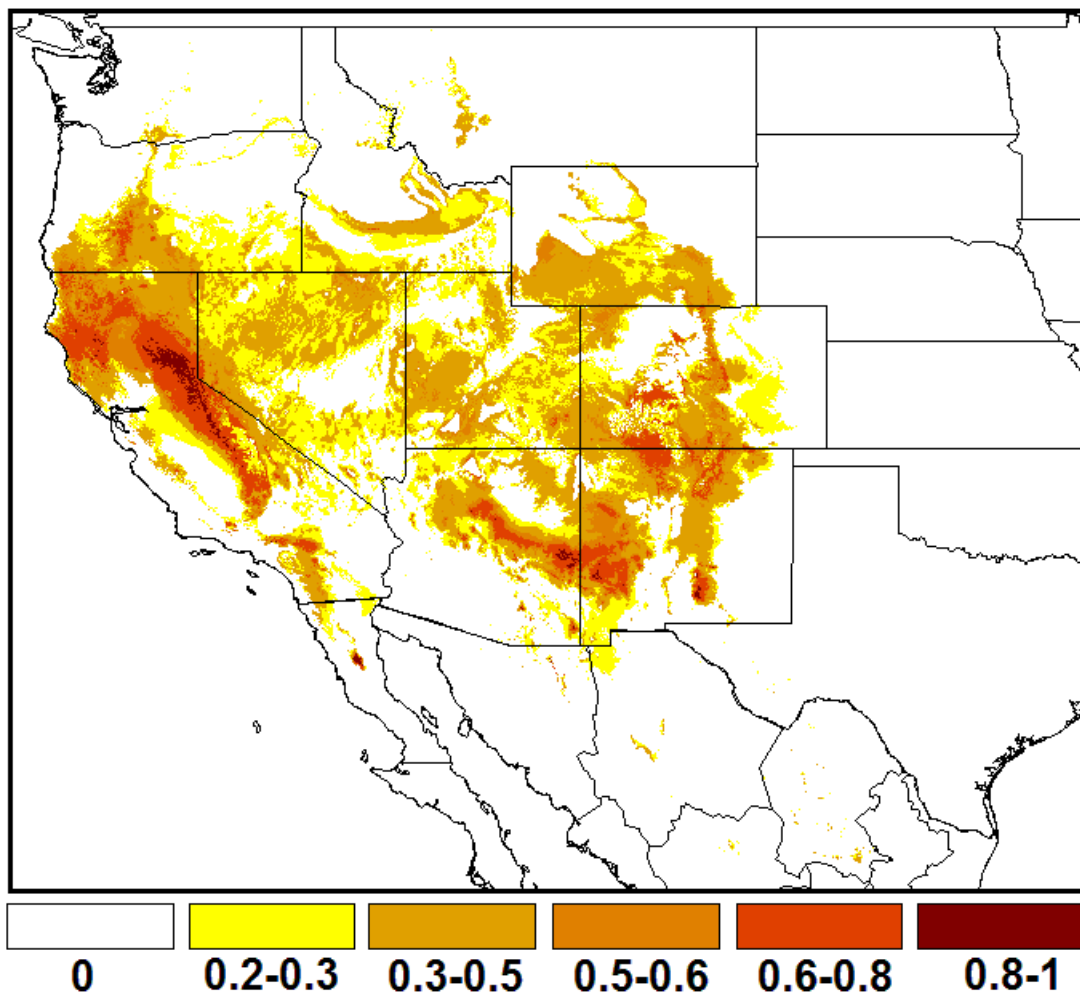


Figura 5.1. Modelado de nicho para *Abies concolor*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

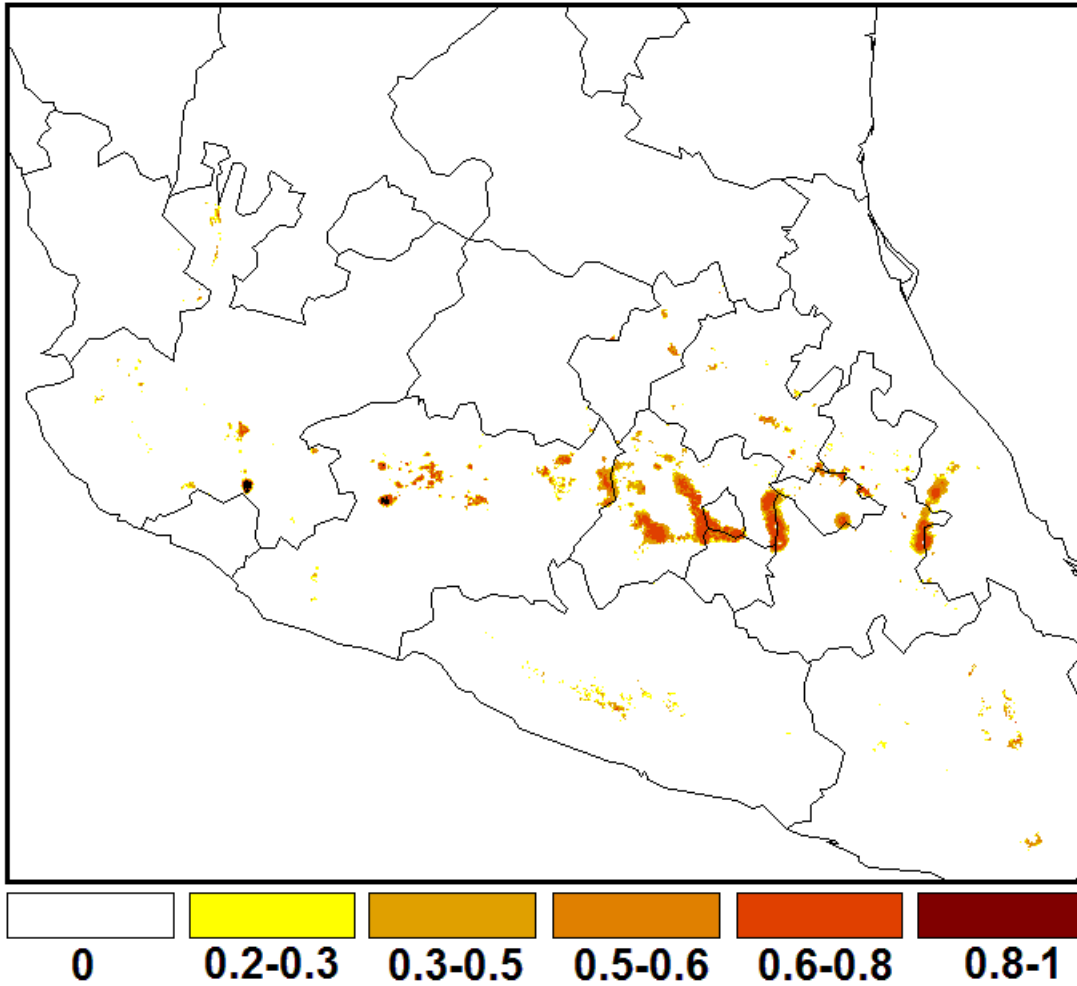


Figura 5.2. Modelado de nicho para *Abies religiosa*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

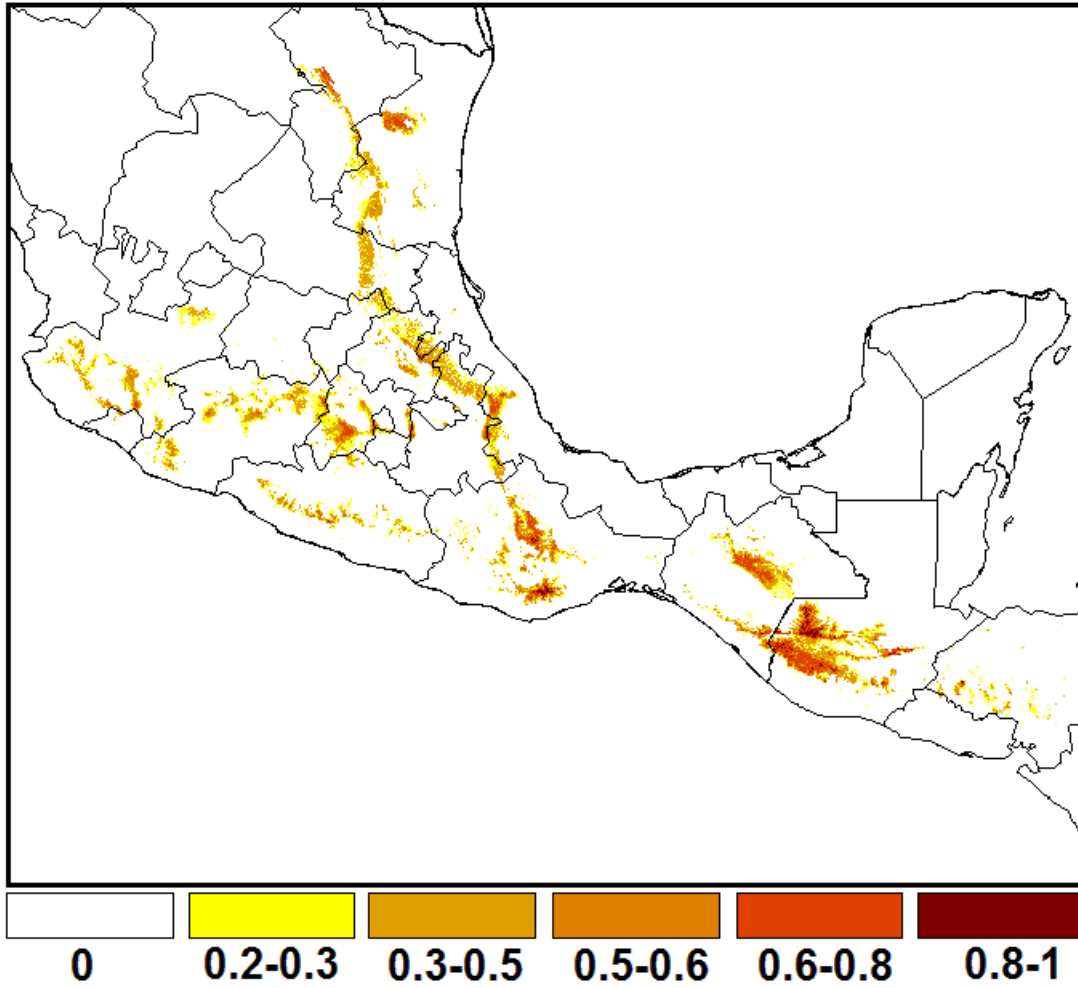


Figura 5.3. Modelado de nicho para *Abies guatemalensis*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

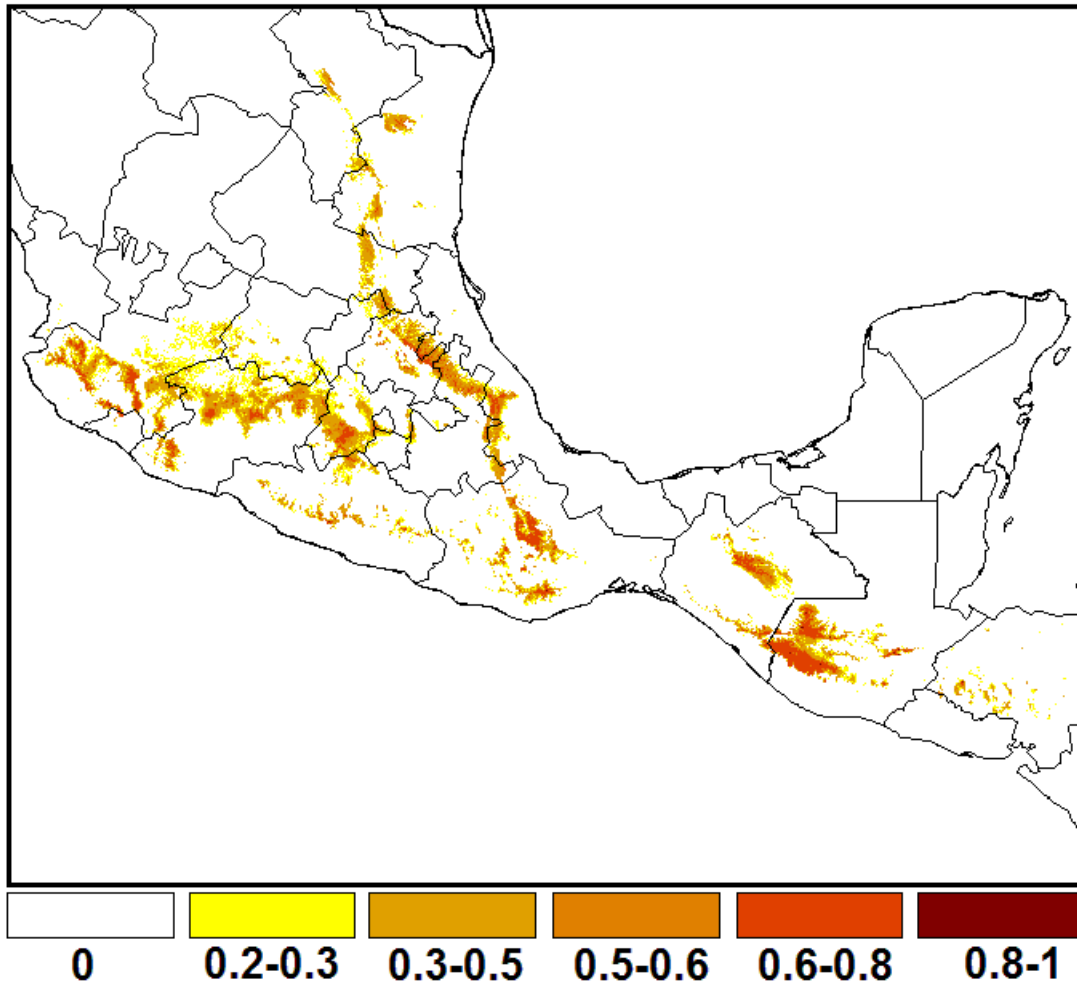


Figura 5.4. Modelado de nicho para *Abies guatemalensis sensu lato*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

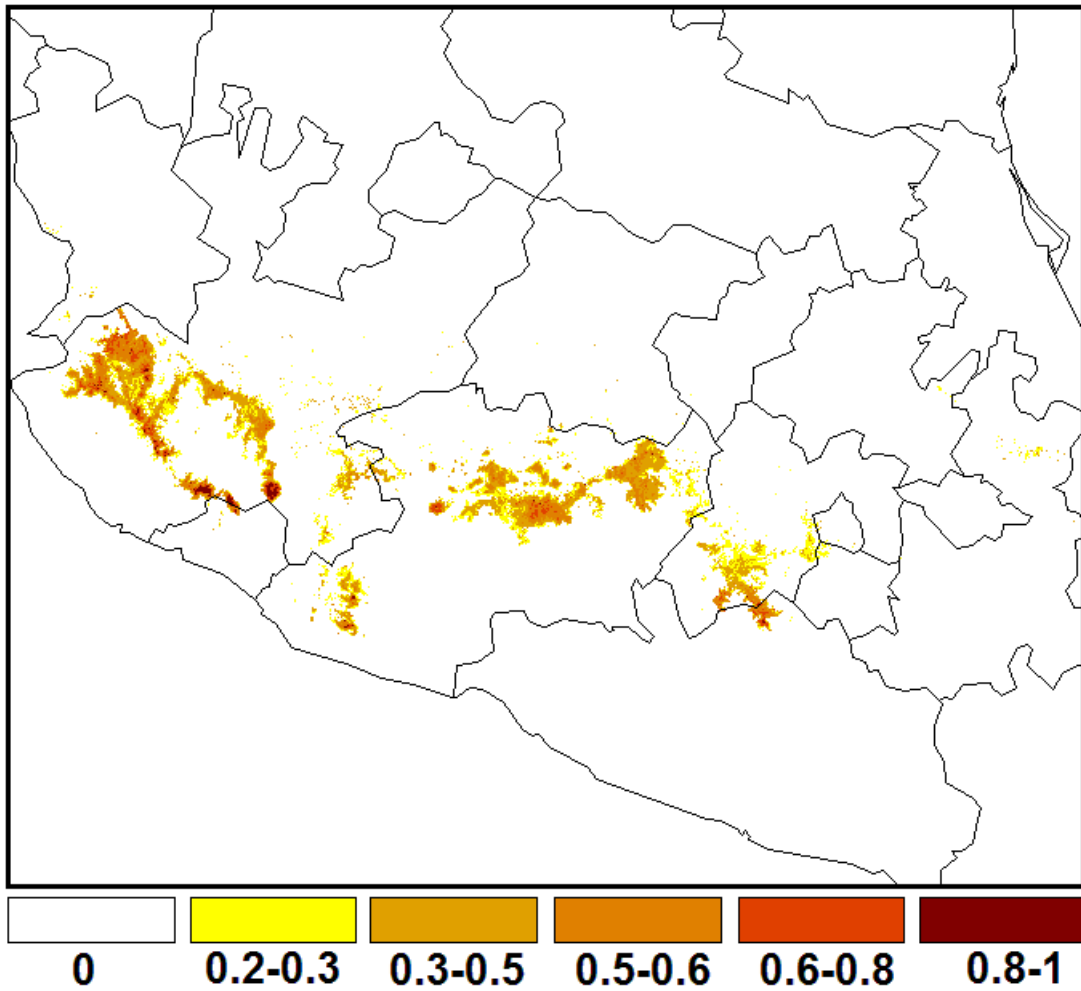


Figura 5.5. Modelado de nicho para *Abies flinckii* (*Abies guatemalensis* var. *jaliscana*). El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

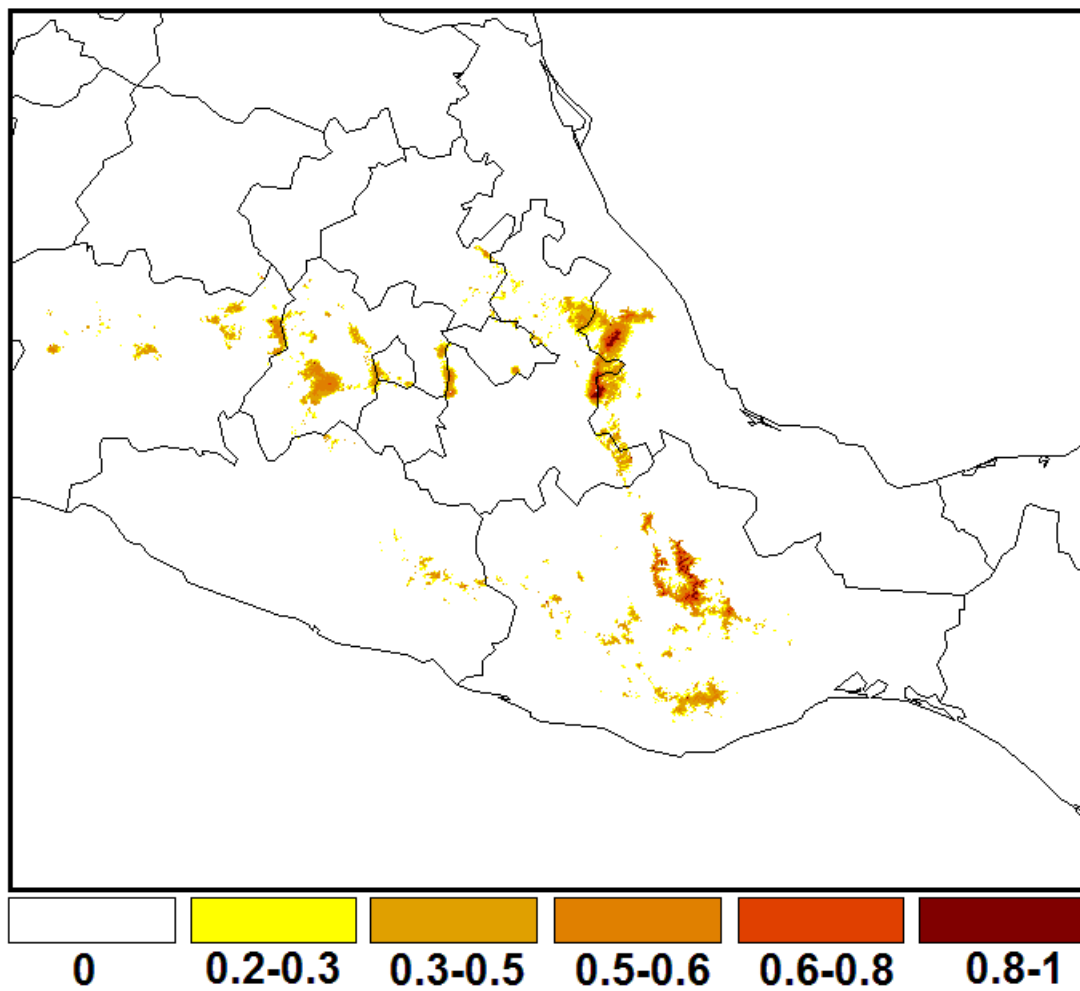


Figura 5.6. Modelado de nicho para *Abies hickelii*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

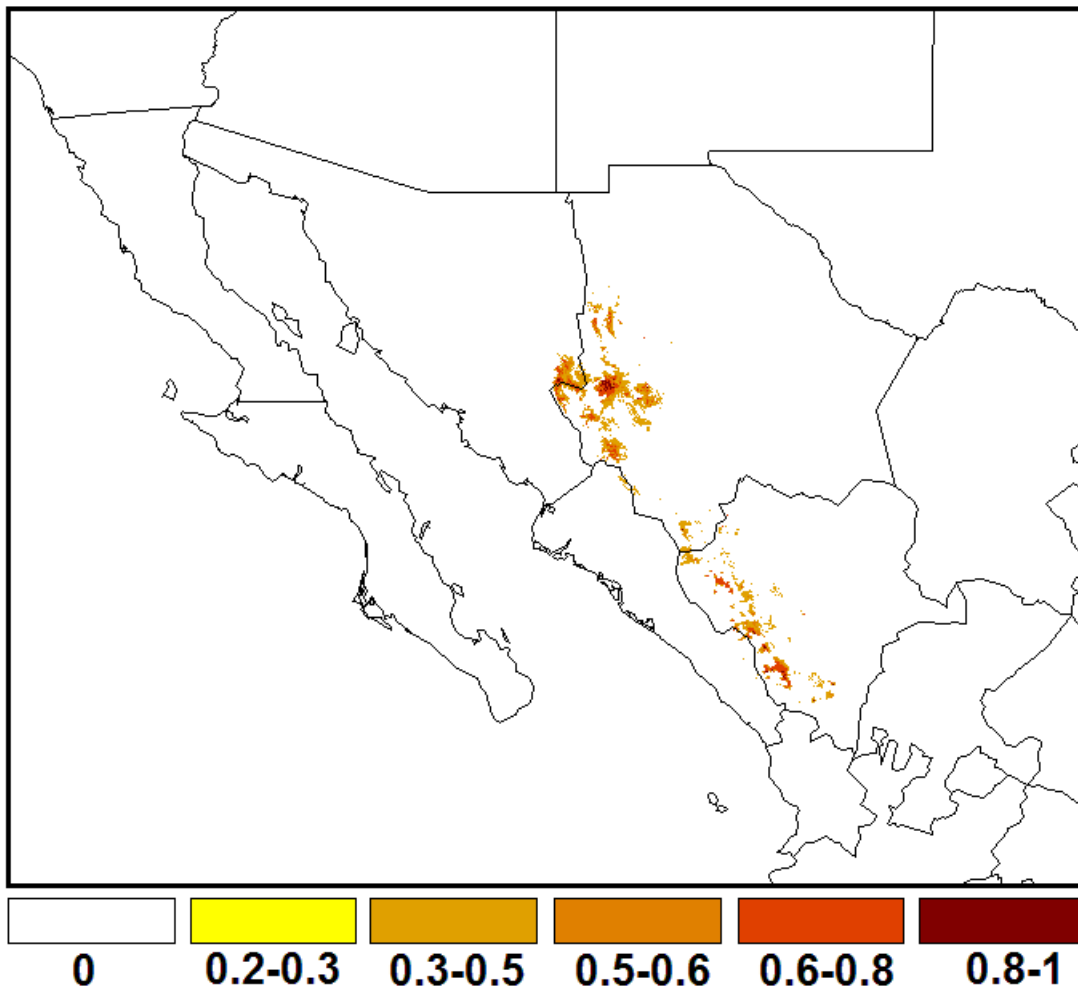


Figura 5.7. Modelado de nicho para *Abies durangensis*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

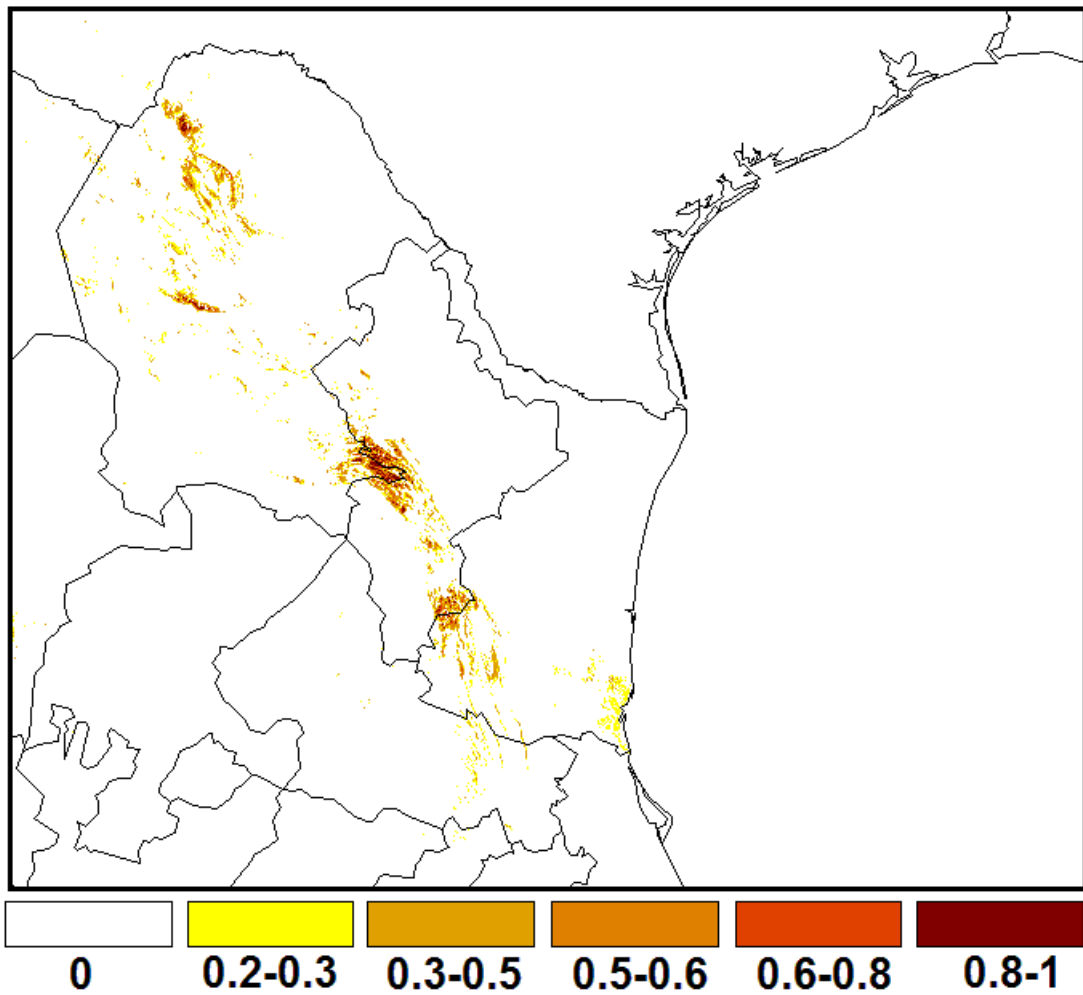


Figura 5.8. Modelado de nicho para *Abies durangensis* var. *coahuilensis*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

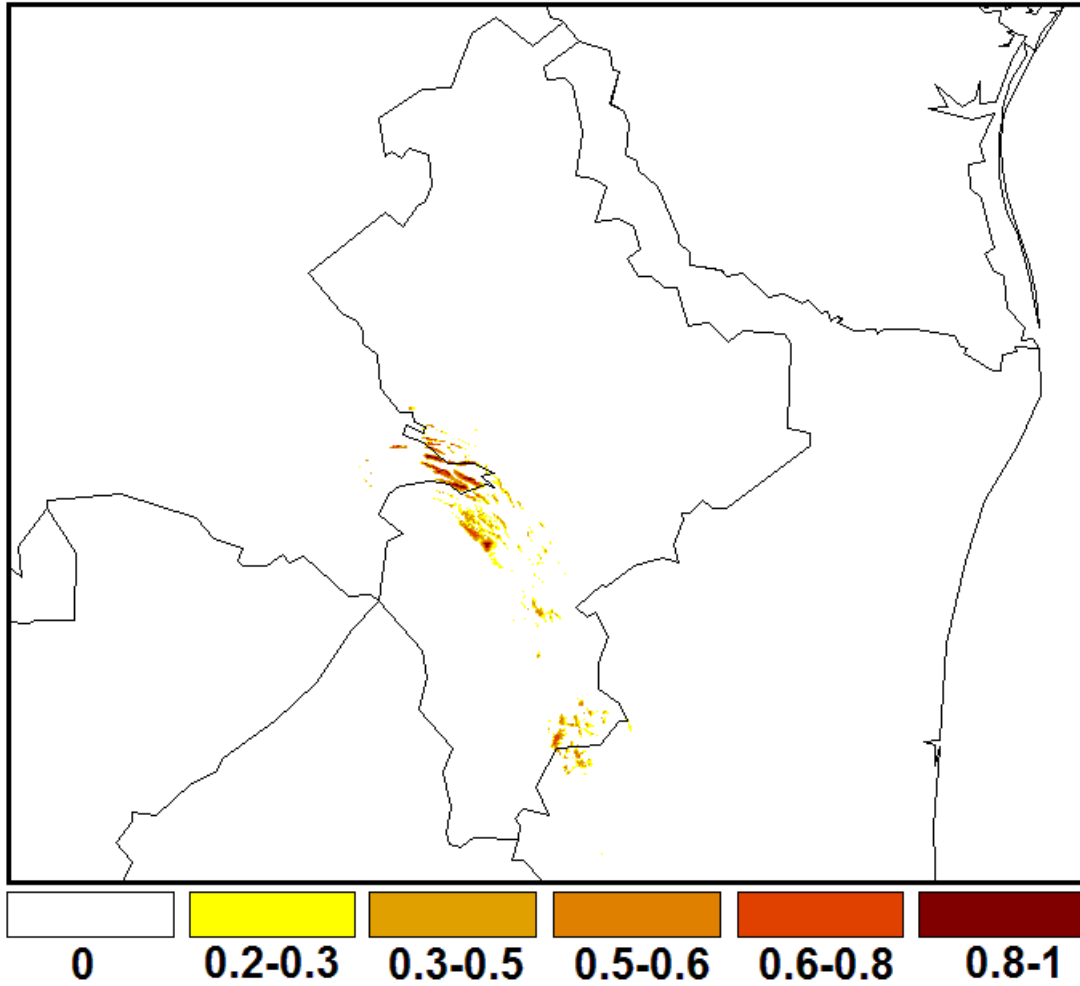


Figura 5.9. Modelado de nicho para *Abies vejarii*. El incremento en el tono indica mejores condiciones para la especie (suitability). Los resultados están proyectados utilizando el umbral de más baja presencia.

Anexo 6. Histogramas de las razones AUC del análisis de ROC Parcial.

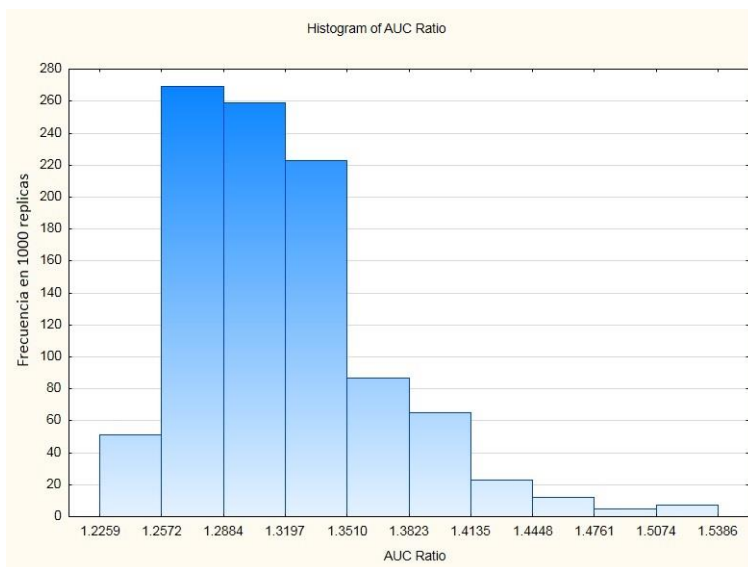


Figura 6.1. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. concolor*.

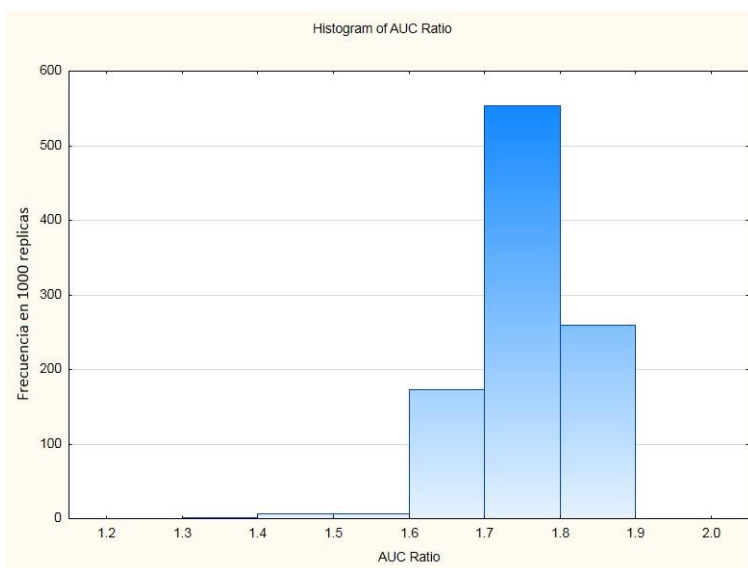


Figura 6.2. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. religiosa*.

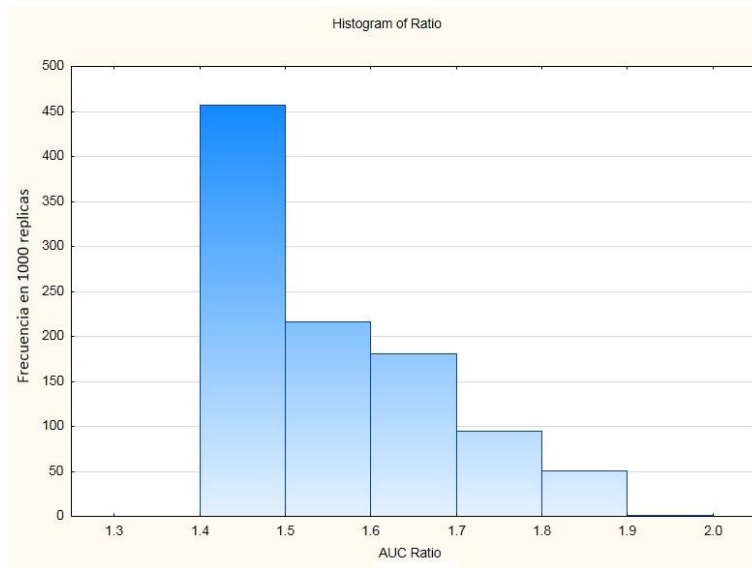


Figura 6.3. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. guatemalensis*

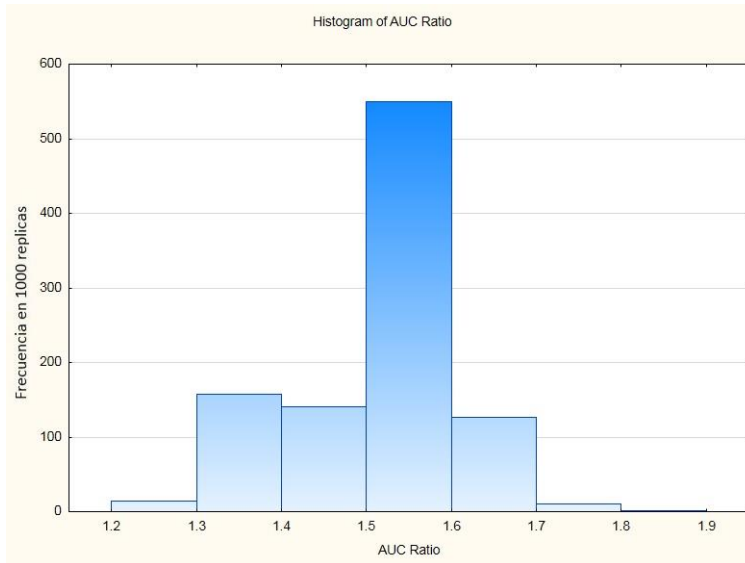


Figura 6.4. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. guatemalensis sensu lato*.

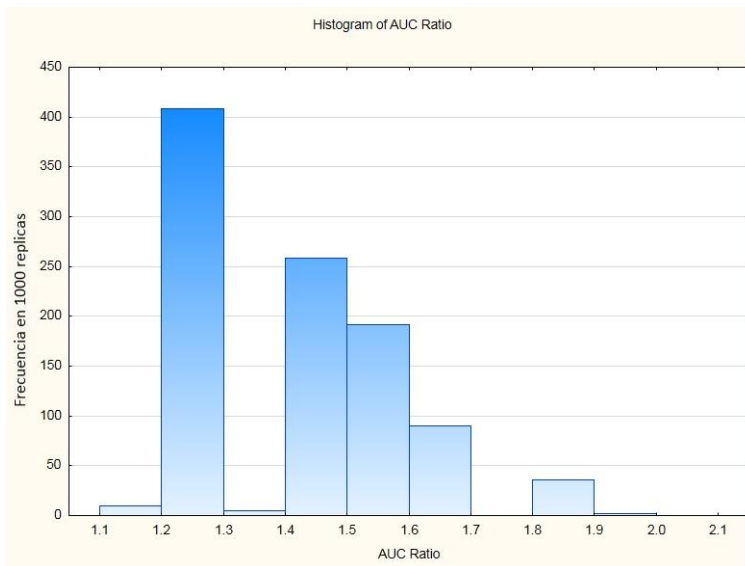


Figura 6.5. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. flinckii*.

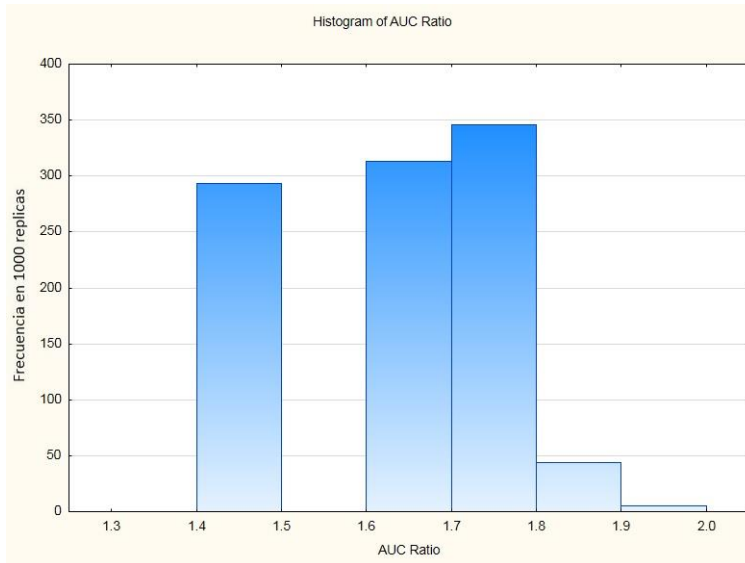


Figura 6.6. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. hickelli*.

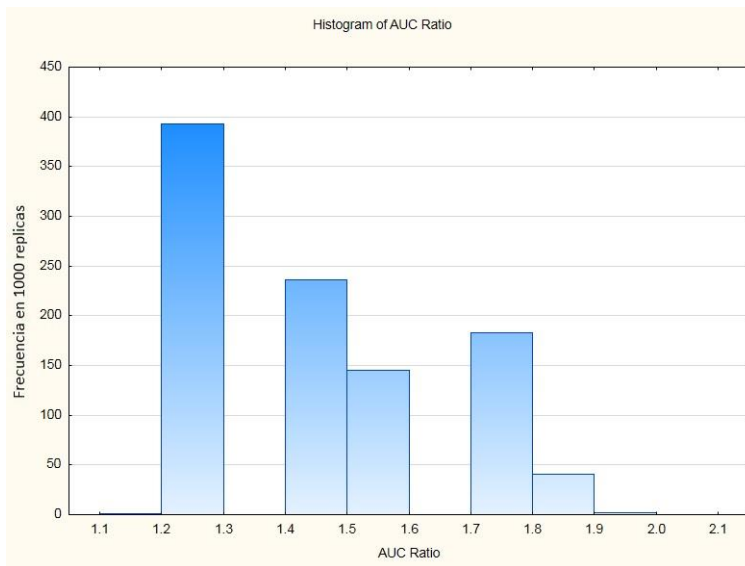


Figura 6.7. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. durangensis*.

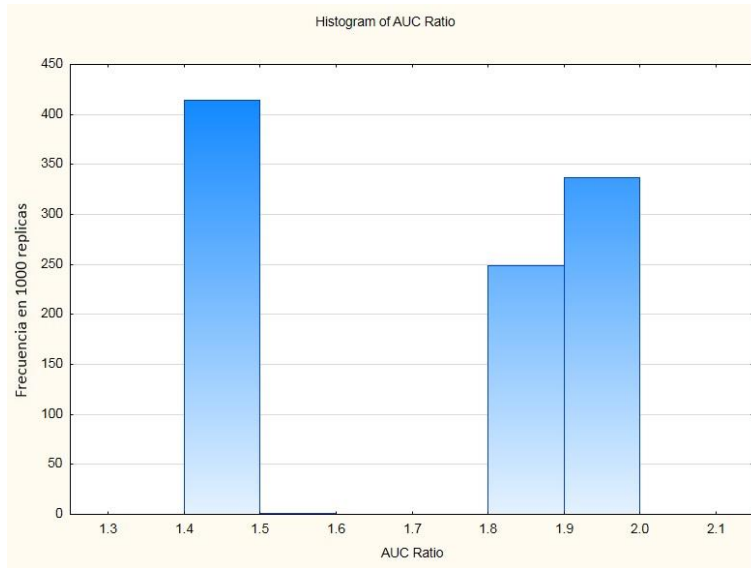


Figura 6.8. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. durangensis var. coahuilensis*.

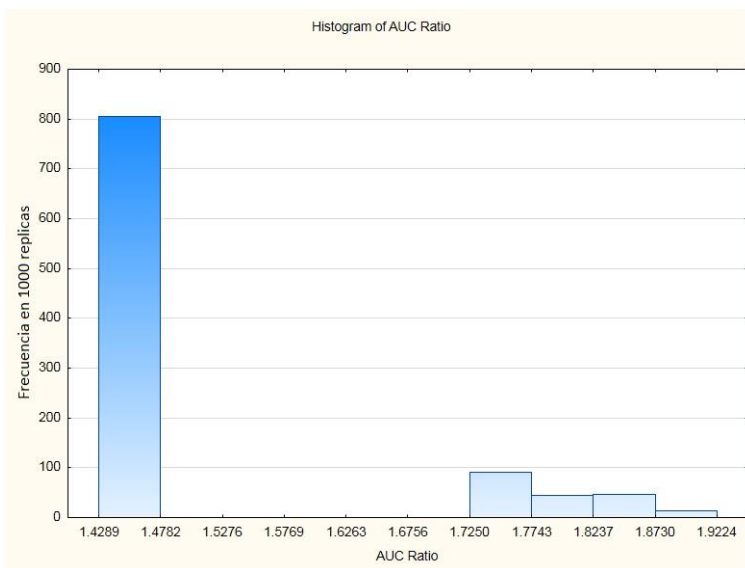


Figura 6.9. Histograma de las razones AUC para el análisis de ROC parcial de *A. vejarii*.