

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

**"PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS
NECTARÍVOROS PARA LA REGIÓN NOROESTE DE MÉXICO CON BASE EN
EL ANÁLISIS DE SUS NICHOS ECOLÓGICOS"**

TESIS

que, para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

presenta

Biólogo: Cristian Ivan García Leal

Ensenada, Baja California

Enero de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

**“Propuesta para la conservación de murciélagos nectarívoros para la región
noroeste de México con base en el análisis de sus nichos ecológicos”**

TESIS

que, para obtener el grado de

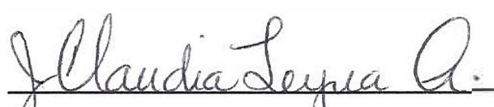
MAESTRO EN CIENCIAS

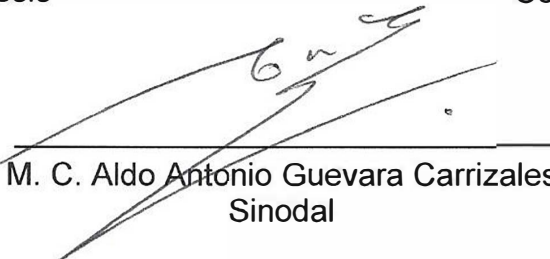
Presenta

CRISTIAN IVAN GARCÍA LEAL

Aprobada por:


M. C. Bernardirno Ricardo Eaton González
Director de tesis


Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
Codirectora de tesis


M. C. Aldo Antonio Guevara Carrizales
Sinodal

Ensenada, Baja California

Febrero de 2014

RESUMEN

La modelación de nichos tiene muchas implicaciones para poder explicar la distribución de organismos en su medio; conociendo su distribución, el hombre puede hacer planes de recuperación y conservación. El objetivo del presente estudio es hacer propuestas para poder preservar y conservar a los murciélagos nectarívoros a lo largo de la región noroeste de México, para lo cual se llevó a cabo la modelación de nichos. Para llevar a cabo la modelación se compilaron registros de murciélagos, así como de cactáceas columnares que tienen afinidad quiropterofílica; además de la inclusión de variables ambientales. Dentro de la región noroeste de México están presentes dos murciélagos nectarívoros: *Leptonycteris yerbabuenae* and *Choeronycteris mexicana*. Los modelos resultantes tuvieron una evaluación estadística de índice de Kappa y curva ROC favorables (>0.9), evaluación que permitió validar todos los modelos. Los modelos resultantes se sumaron y se hizo un traslape en un sólo mapa de todos ellos; en dicho mapa se recomiendan tres áreas que no tienen política alguna de protección y que se encuentran ambos murciélagos nectarívoros asociadas a, al menos, alguna cactácea columnar.

Palabras clave: modelación de nichos, interacción biológica, murciélagos nectarívoros, cactáceas columnares, SIG, conservación.

ABSTRACT

Niche modelling for animal species has many implications to explain organisms distribution in their environment; knowing this, humans can do conservation and recovery plan. The goal of this study is to make plans to preserve and conserve nectarivorous bats along the Sonoran Desert, for that, niche modelling was performed with MaxEnt software. To carry out the niche modelling information of bat records was compiled. Environmental variables were included to the model; these variables are associated to habitat requirements of the nectarivorous bats. Two nectarivorous bats are present in the Sonoran Desert: *Leptonycteris yerbabuenae* and *Choeronycteris mexicana*. The model showed that half of this region has good conditions to make possible the presence of both bats. For make possible the presence, in the case of *L. yerbabuenae*, are sites associated with climatic variable precipitation in the warmest quarter of the year and, for *C. mexicana*, are sites with climatic variable precipitation, but in the driest quarter of the year. Another component for make possible the presence of both bats are columnar cacti, which also require the variable climatic precipitation. So, to encourage the conservation of these bats, it requires the conservation of the columnar cacti that are critical food resources for these bats.

Keywords: niche modelling, biological interactions, nectarivorous bats, columnar cacti, GIS, conservation.

DEDICATORIA

Con sincera dedicación a mi familia, en especial a mis padres y mi tía Pachis que siempre me han apoyado incondicionalmente; apoyo que, sin el cual, no hubiera podido escalar hasta donde me encuentro académica y personalmente.

AGRADECIMIENTOS

Aunque durante la elaboración de la tesis, recibí innumerable apoyo que no podría terminar en mencionar, hay personas especiales a las cuales quiero agradecer por su gran apoyo a mí, brindados.

A Ricardo Eaton que, con su apoyo y dirección de la tesis, me supo guiar en el proceso del término de la misma, además de las ideas y conocimiento brindado durante la investigación.

Al comité sinodal: Claudia Leyva y Aldo Guevara por su disponibilidad, comprensión y apoyo brindados para la construcción de la tesis.

A los profesores de MEZA por su conocimiento aportado al alumno apoyándonos gentilmente en cada una de las etapas del posgrado.

A la facultad de ciencias, así como a la misma universidad, por la facilitación de los salones, así como el apoyo económico en los congresos asistidos.

Al Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada.

A mis compañeros de maestría, tanto de mi generación, como de las generaciones pasadas y posteriores que conocí durante esta estancia aquí en Ensenada; en especial a Oscar, Vero y Yuri por su amena compañía y su gran

apoyo durante la maestría.

A tí Karina, por tu apoyo incondicional, compañía, amistad y demás que me brindaste gentil y amablemente y el cual agradezco porque contigo aprendí muchas cosas.

A Enrique Martínez que, sin el curso de modelación de nichos, esta tesis no existiría y no tendría los elementos que me ayudaron para la elaboración de la misma.

Perdón si se me pasa alguien, pero soy muy distraído y dejo pasar personas que debí haber mencionado.

Índice de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
ÁREA DE ESTUDIO.....	18
MÉTODOS.....	21
Recopilación y selección de los registros de las especies.....	22
Determinación del área de estudio.....	23
Obtención de las capas ambientales.....	24
Delimitación y verificación de los registros en el mapa de ecorregiones...	25
Generación de los modelos de nicho ecológico.....	26
Análisis de los modelos.....	28
Evaluación de los modelos de nicho.....	29
Identificación de las variables que influyen en la presencia de los murciélagos nectarívoros.....	31
Suma de los resultados de los modelos.....	32
Estado y vacíos de conservación de los murciélagos nectarívoros.....	34
RESULTADOS.....	35
Registros de las especies.....	35
Proyección de resultados en el área de estudio.....	36
Delimitación y verificación de los registros en el mapa de ecorregiones...	39
Modelación de nichos.....	39

Análisis y evaluación de los modelos de nicho.....	58
Identificación de las variables que influyen en la presencia de los murciélagos nectarívoros.....	62
Suma de los resultados de los modelos.....	65
Estado y vacíos de conservación de los murciélagos nectarívoros.....	67
DISCUSIÓN.....	72
Base de datos y registros de las especies.....	72
Modelación de nichos.....	73
Evaluación de los modelos de nicho.....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS.....	102
Anexo A. Mapa de ecorregiones de Norteamérica y cuadro descriptivo de las ecorregiones.....	102
Anexo B. Variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos de WordClim (http://www.worldclim.org/bioclimate).....	109
Anexo C. Modelo de murciélagos nectarívoros por temporada.....	111

Índice de figuras

Figura 1. Rutas de migración de murciélagos nectarívoros.....	5
Figura 2. Ciclo de vida de murciélagos nectarívoros.....	6
Figura 3. Diagrama BAM.....	11
Figura 4. Mapa de ecorregiones de Norteamérica.....	17
Figura 5. Curva ROC.....	28
Figura 6. Registros totales de murciélagos y cactáceas columnares.....	35
Figura 7. Modelo de nicho de Cardón.....	38
Figura 8. Modelo de nicho de Sahuaro.....	39
Figura 9. Modelo de nicho de Pitahaya.....	41
Figura 10. Modelo de nicho de <i>L. yerbabuena</i>.....	42
Figura 11. Modelo de nicho de <i>C. mexicana</i>.....	44
Figura 12. Modelo de nicho para la temporada de marzo-mayo.....	46
Figura 13. Modelo de nicho para la temporada de junio-agosto.....	47
Figura 14. Modelo de nicho para la temporada de septiembre-noviembre.....	48
Figura 15. Modelo de nicho para la temporada de diciembre-febrero.....	49
Figura 16. Curvas ROC para Cardón.....	51
Figura 17. Curvas ROC para Pitahaya.....	52
Figura 18. Curvas ROC para Sahuaro.....	53
Figura 19. Curvas ROC para <i>L. yerbabuena</i>.....	53
Figura 20. Curvas ROC para <i>C. mexicana</i>.....	54
Figura 21. Mapa de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).....	59
Figura 22. Mapa de sobreposición de murciélagos nectarívoros y de las	

<u>Regiones Terrestres Prioritarias.....</u>	<u>60</u>
<u>Figura 23. Mapa de sobreposición de interacción murciélagos cactus y de las</u>	
<u>Regiones Terrestres Prioritarias.....</u>	<u>61</u>

Índice de cuadros

Cuadro 1. Algoritmos usados para la modelación de nichos.....	18
Cuadro 2. Número de modelos de nicho por algoritmo y para cada especie....	31
Cuadro 3. Código del mapa de interacción.....	36
Cuadro 4. Registros totales de murciélagos nectarívoros y de cactáceas columnares.....	38
Cuadro 5. Número de registros de murciélagos nectarívoros por temporada de colecta.....	39
Cuadro 6. Número de registros de murciélagos nectarívoros por subregión....	41
Cuadro 7. Porcentajes de contribución para la construcción del modelo.....	61

INTRODUCCIÓN

Los murciélagos (Orden Chiroptera) son, entre los mamíferos, uno de los grupos más diversos y geográficamente dispersos; comprenden cerca de una cuarta parte de los mamíferos existentes en el mundo, únicamente superados en número de especies por los roedores (Altringham 1996, Medellín 2000). Además, tienen una amplia distribución, se les encuentra prácticamente en cualquier ecosistema, sólo están ausentes en las regiones polares y en algunas islas (Hill & Smith 1984).

Este grupo de mamíferos presentan una gran diversidad de hábitos de alimentación, ya que hay especies cuya dieta se compone de insectos (insectívoras), frutas (frugívoras), vertebrados (carnívoras), polen y néctar (polinívoras-nectarívoras), así como de sangre (hematófagas) (Hill & Smith 1984). En general, los patrones de alimentación de algunas especies varían con la estacionalidad y disponibilidad de los recursos, por lo que se alimentan de insectos, o polen y néctar en diferentes temporadas del año (Wilson 1971, Gardner 1977).

En lo que se refiere a murciélagos nectarívoros, éstos facilitan la polinización, favoreciendo así, la reproducción sexual de las plantas con las cuales interactúan y, de esta manera, propiciar una mayor variación genética de las poblaciones vegetales (Kunz *et al.* 2011). Una característica importante

que presentan estos mamíferos es la migración, capacidad que les permite transportar polen y visitar gran cantidad de plantas a grandes distancias, lo cual asegura el intercambio genético entre poblaciones vegetales que puedan estar separadas. El papel que tienen los quirópteros en la polinización resulta de gran relevancia para la reproducción de las plantas que son polinizadas por estos animales, pues se estima que existen alrededor de 750 especies de plantas neotropicales que dependen parcial o totalmente de los murciélagos nectarívoros (Heithaus *et al.* 1975, Dobat 1985). Las principales familias de plantas en el continente americano que son polinizadas por murciélagos nectarívoros son: Agavaceae, Bombacaceae, Cactaceae y Leguminosae (Butanda-Cervera *et al.* 1978).

Se ha encontrado que los murciélagos nectarívoros son más diversos y abundantes en ecosistemas áridos y semiáridos de México (Arita y Santos del Prado 1999). Una de las mayores áreas de aridez en nuestro país, se localiza en la parte norte (que comprende cerca del 52% del territorio nacional [Schmidt 1989]); dentro de ésta área se sitúa el Desierto Sonorense, el cual abarca varios estados del noroeste de México, así como de otras entidades del suroeste de los Estados Unidos de América (Arizona-Sonora Desert Museum) (Ezcurra *et al.* 2002). Este gran desierto constituye, junto con la zona serrana y la zona marina, una región megadiversa con representaciones de un número muy grande de comunidades de plantas y animales endémicas, muchas de ellas poco estudiadas. En lo que respecta a murciélagos nectarívoros, en esta zona

árida se distribuyen dos especies: *Leptonycteris yerbabuenae* (Arita & Humphrey 1988, Arita 1991) y *Choeronycteris mexicana* (Hall 1981).

En este sentido, la distribución de los murciélagos nectarívoros, de acuerdo a la disponibilidad alimentaria ha sido ampliamente estudiada para la región central de México, (Rojas-Martínez & Valiente-Banuet 1996, Arizmendi *et al.* Casas *et al.* 1999, Valiente-Banuet *et al.* 1997a, Valiente-Banuet *et al.* 1997b, Rojas-Martínez 2001, Stoner 2002, Valiente-Banuet *et al.* 2002), no así para la región noroeste del país. En el presente estudio, con el uso de los modelos de nicho ecológico se aportará información para comprender cómo se distribuyen los murciélagos nectarívoros en la región noroeste, con el fin de aportar elementos para su conservación.

ANTECEDENTES

Tanto *Cshoeronycteris mexicana*, como *Leptonycteris yerbabuenae*, se encuentran clasificados dentro de la familia Phyllostomidae y, a su vez, dentro de la subfamilia Glossophaginae (Heithaus 1975). En esta subfamilia se encuentran, al menos en el continente americano, todos los murciélagos nectarívoros; 12 de los cuales han sido registrados en México (Arita & Santos del Prado 1999, Carstens *et al.* 2002, Tschapka & Dressler 2002).

En general, los murciélagos nectarívoros presentan diversas adaptaciones morfológicas, todas ellas, en respuesta al tipo de alimento; a su vez, algunas plantas, sobre las cuales se alimentan los murciélagos nectarívoros, también se adaptaron y presentan modificaciones en sus estructuras florales para atraer a este grupo de mamíferos (Faegri & van der Pijl 1966, Phillips 1971, Dobat 1985, Proctor *et al.* 1996). A este fenómeno de estrecha relación entre murciélagos y plantas se le conoce con el nombre de quiropterofilia (Faegri & van der Pijl 1966, Tschapka & Dressler 2002; Waser 2005).

Uno de los grupos de plantas que se considera, presenta síndrome quiropterofílico, son las cactáceas columnares (Alcorn *et al.* 1961, Fleming *et al.* 1994, Valiente-Banuet *et al.* 1996, Valiente-Banuet *et al.* 1997), en las cuales se ha visto que aproximadamente el 70% tiene esta estrecha relación con murciélagos nectarívoros (Faegri & van der Pijl 1966). La simbiosis con los

murciélagos nectarívoros, presenta, al menos, tres ventajas principales para las cactáceas (Fleming *et al.* 1994, Valiente-Banuet *et al.* 1997): 1) Menor promiscuidad en comparación con la polinización melitófila (polinización por abejas), 2) mayor distancia de vuelo y 3) mayor dispersión de semillas.

Las cactáceas columnares pertenecen a la tribu Pachycereeae (sensu Gibson & Horak 1978) y son dominantes de las regiones áridas y semiáridas; su distribución se encuentra asociada a la distribución de los mismos murciélagos nectarívoros (Valiente-Banuet *et al.* 1996, Datzmann *et al.* 2010, Barba-Montoya 2012). La diversidad de las cactáceas columnares disminuye altitudinalmente partiendo del centro de México a lo largo de dos franjas; la primera recorre la vertiente del Golfo de México hacia el sureste de los Estados Unidos de América y, la segunda, la vertiente del Océano Pacífico (Fig. 1), la cual llega al suroeste de los Estados Unidos de América (Valiente-Banuet *et al.* 1996).

Ambas vertientes son consideradas como corredores migratorios o también llamados, corredores de néctar, puesto que consisten en una serie de trampolines, o fragmentos de plantas en floración que proveen recursos alimenticios (principalmente néctar, aunque también consumen los frutos en cuestión) a los animales que se alimentan de éstas. Para el caso de los murciélagos nectarívoros, estos corredores les proveen de un suministro continuo de recursos alimentarios durante su migración a lo largo del recorrido que hacen desde el centro de México hasta el sur de los Estados Unidos de América, (Fleming *et al.* 1993, Fleming 1995).



Figura 1. Rutas de migración por parte de murciélagos nectarívoros (tomado y modificado de Arizona-Sonora Desert Museum).

Este movimiento migratorio ha permitido explicar cómo las poblaciones de murciélagos nectarívoros que habitan en el centro de México, se distribuyen a lo largo de varios lugares cuando viajan hacia el suroeste de los Estados Unidos de América durante las estaciones de primavera y principios del verano y, cómo luego, durante el invierno, se desplazan al centro de México para reproducirse (Cockrum 1991, Fleming *et al.* 1993, Stoner *et al.* 2003) (Fig. 2; Torres 2013). Diversos estudios (Fleming *et al.* 1993, Valiente-Banuet *et al.* 1996, Rojas-Martínez *et al.* 1999, Stoner 2002) sugieren que la migración de estos murciélagos nectarívoros se debe a la disponibilidad de alimento, así como a la búsqueda estacional de los recursos florales y de lugares con condiciones ambientales apropiadas.



Figura 2. Ciclo de vida de los murciélagos nectarívoros (modificado de Torres 2013).

En términos de estudios de quiropterofauna, la región noroeste de México, es un área no muy conocida en comparación con la parte central del país y, a pesar de su importancia, existen sólo pocos estudios (e. g. Fleming 2000) que documentan esta región. Para el caso particular de los murciélagos nectarívoros, es importante crear estrategias para su conservación, ya que se trata de especies en peligro de extinción (Arita & Santos del Prado 1999). Por ejemplo, *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris yerbabuenae* son consideradas por la legislación mexicana como especies amenazadas (SEMARNAT 2010) y, a nivel internacional, éstas especies se incluyen dentro de la categoría de especies en riesgo (IUCN: Arroyo-Cabrales & Pérez 2008,

Arroyo-Cabrales *et al.* 2008).

Algunas de las herramientas que se han venido utilizando para la conservación de especies es el uso de análisis multivariantes en conjunto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar modelos espaciales. Estos modelos permiten, mediante el uso de algoritmos, modelar áreas que tienen una distribución potencial de especies. Los resultados de estos modelos permiten identificar sitios de alta importancia biológica, los cuales pueden ser orientados al establecimiento de zonas de conservación que permitan la persistencia de la biodiversidad y demás valores naturales y ecosistémicos que contengan (Araújo & Williams 2000, Ferrier *et al.* 2002, Loiselle *et al.* 2003, Wilson *et al.* 2005, Pressey *et al.* 2007).

El estudio de la distribución de los murciélagos es complejo, ya que no sólo debe incluir la interacción flor (planta)-murciélago, sino además, otros factores, tales como la presencia de cuerpos de agua, condiciones ambientales específicas, el uso de cuevas como sitios de refugio o, incluso minas abandonadas como cuevas (Name 2004); todos estos factores pueden influir en la presencia o ausencia de determinada especie. En este sentido, la selección de hábitat es uno de los factores determinantes para la existencia de los quirópteros; así, el conocer los factores que influyen en esta selección, permite establecer estrategias de manejo y conservación de las especies (Fenton 1983, Fenton 1987, Fenton & Hannah 2005).

El comprender y delinear la distribución de las especies, es una

herramienta importante para poder dirigir y contestar temáticas en ecología, biogeografía y evolución (Guisan & Thuiller 2005), además de ser una pieza fundamental para la conservación de la biodiversidad (Elith & Leathwick 2007, Thuiller 2007).

Durante los últimos años, con el desarrollo de los sistemas de información geográfica, así como de la actualización en la información ambiental, han surgido nuevas aproximaciones las cuales están basadas en la estimación del nicho ecológico de las especies para predecir su distribución geográfica potencial (Anderson *et al.* 2003, Guisan & Zimmermann 2000, Peterson 2001, Rotenberry *et al.* 2006, Segurado & Araújo 2004). Estos modelos predictivos se basan en el principio de Hutchinson (1957) de nicho ecológico de las especies, según el cual, el nicho es el resultado del análisis de las condiciones ambientales de los sitios con presencias conocidas (Peterson *et al.* 1999), condiciones que son adecuadas para la existencia de una especie (Phillips *et al.* 2006). Soberón y Peterson (2005) presentaron un esquema (diagrama BAM; ver fig. 3) con el cual se puede comprender de una mejor manera el principio de nicho de Hutchinson y la distribución geográfica de especies.

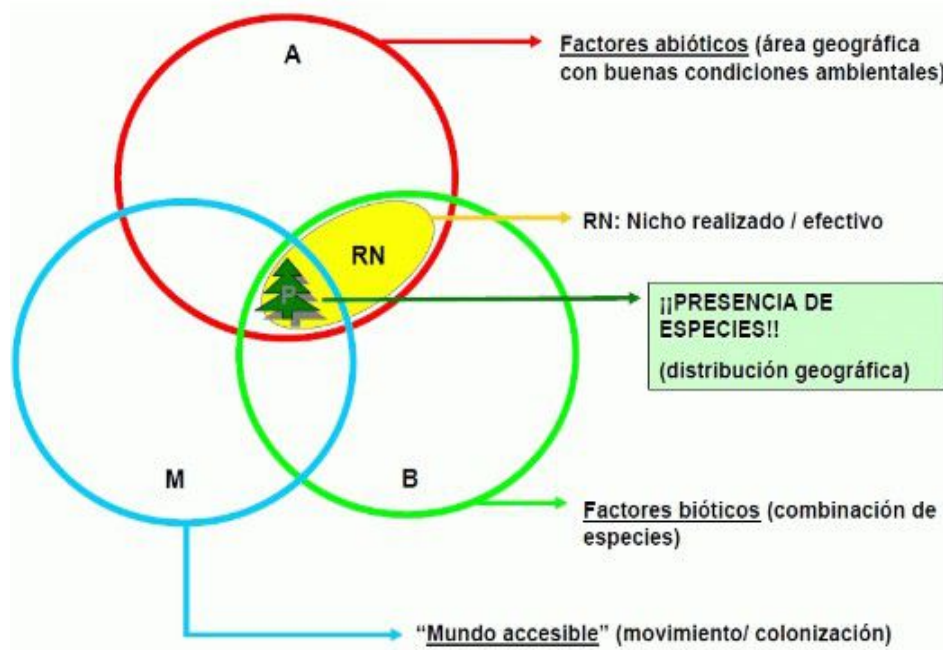


Figura 3. Diagrama BAM que muestra, mediante diagrama de Venn, dónde las especies pueden estar o no presentes. Factores que influyen en las distribuciones de las especies: factores abióticos (A, en rojo) y los factores bióticos (B, en verde), los cuales corresponden a la distribución potencial ($A \cap B$, llamado también "nicho realizado"). Aparte de la distribución potencial se encuentra, además, el conjunto de sitios (mundo accesible; M, [por "movimiento"] en azul) que la especie ha tenido tiempo para visitar o explorar desde determinada fecha.

Tomado y modificado de Soberón y Peterson (2005).

Para llevar a cabo estos modelos predictivos es requisito el contar con dos conjuntos de datos: a) registros de la especie (lugar georreferido donde se tiene evidencia de la presencia de la especie), los cuales pueden venir de diferentes fuentes, tales como: colecciones científicas (una de las principales fuentes de información), documentos históricos, artículos científicos, datos

observacionales, así como las bases de datos en versión electrónica (Escalante *et al.* 2003, Check 2004, Soberón & Peterson 2004, Chapman 2005, Chapman & Wieczorek 2006, GBIF 2010); b) capas informáticas de las variables ambientales que influyen en la distribución de la especie (expresados como mapas ráster) y, c) algoritmo para construir el modelo (el cual toma ambos conjuntos y construye un modelo de nicho ecológico de la especie).

Existen varios algoritmos que se emplean para elaborar los modelos de nicho y que vienen implementados en diversos paquetes de cómputo. En el cuadro 1, se enlistan algunos de los algoritmos comúnmente usados para la modelación. Algunos de éstos aplican envolturas ambientales (Bioclim), mientras que otros, aplican sólo estadística (e. g. Modelos Lineales Generalizados [GLMs] y Modelos Aditivos Generalizados [GAMs]); asimismo hay otros que están basados en técnicas de aprendizaje de máquina (e. g. Entropía Máxima [MaxEnt] y redes neurales [ANNs]) y, por último, están los que utilizan algoritmos mixtos (Desktop-GARP y OpenModeller).

Cuadro 1. Algoritmos usados para la modelación de nichos. Tomado y modificado de Pearson 2007. Algunos de los algoritmos existentes en la actualidad. Algunos de los cuales (*) son de acceso libre y sin costo alguno.

Método (algoritmo)	Modelo (Nombre del programa)	Tipo de datos de la especie	Referencia (enlace URL)
Métrica de Gower	Domain*	Sólo presencia	Carpenter <i>et al.</i> 1993. http://www.cifor.cgiar.org/docs/_ref/research_tools/domain/
Análisis del factor del nicho ecológico (ENFA)	Biomapper*	Presencia y de fondo	Hirzel <i>et al.</i> 2002. http://www2.unil.ch/biomapper/
Envoltura ambiental	Bioclim*	Presencia y de fondo	Busby 1986, 1991. http://diva-gis.org
Máxima Entropía	Maxent*	Presencia y de fondo	Phillips <i>et al.</i> 2006. http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/
Algoritmo Genético (GA)	GARP*	Pseudoausencia	Stockwell y Peters 1999. http://www.lifemapper.org/desktopgarp/
Redes Neuronales (ANN)	SPECIES	Presencia y ausencia (o pseudoausencia)	Pearson <i>et al.</i> 2002.
Modelos de regresión: Modelo Lineal	Implementado en R*	Presencia y ausencia (o	Lehman <i>et al.</i> 2002 . Elith <i>et al.</i> 2006.

Generalizado (GLM), modelos aditivos generalizados (GAM), Árboles de regresión (BRT), Trazos de regresión adaptativa multivariante (MARS)		pseudoausencia)	Leathwick <i>et al.</i> 2006. Elith <i>et al.</i> 2007. http://www.R-project.org/
Múltiples métodos	BioMod	Presencia y ausencia (o pseudoausencia)	Thuiller 2003.
Múltiples métodos	OpenModeller*	Depende del método implementado	http://openmodeller.sourceforge.net/

De manera general, los algoritmos de modelación de nicho ofrecen resultados muy diferentes entre sí (e. g. Brotons *et al.* 2004, Elith *et al.* 2006, Loiselle *et al.* 2003, Pearson *et al.* 2006, Segurado & Araújo 2004, Thuiller 2003); por lo que, la selección del algoritmo a utilizar es un paso importante a considerar al utilizar estos métodos. Sin embargo, en las diferentes evaluaciones sobre los modelos de nicho que se han hecho (Guisan & Zimmermann 2000, Segurado & Araújo 2004, Guisan & Thuiller 2005, Johnson & Gillingham 2005, Elith *et al.* 2006, Leathwick *et al.* 2006, Pearson *et al.* 2006, Stockman *et al.* 2006, Elith & Leathwick 2007, Ortega-Huerta & Peterson 2008), en varios de los casos, estos errores, entre uno u otro método, se deben al origen de los datos, o bien, a sesgos no considerados en el análisis de los datos.

No obstante, a pesar de las diferencias que hay en cada uno de los diferentes algoritmos de modelación de nicho, las herramientas que éstos

proveen, resultan muy útiles y han dado resultados en diversos campos como, por ejemplo en la protección y conservación de especies amenazadas (Godown & Peterson 2000, Benito de Pando & Peñas de Giles 2007, Parviainen *et al.* 2008, Parviainen *et al.* 2009, Williams *et al.* 2009).

Así pues, en términos de conservación los modelos de nicho ecológico han sido una herramienta muy útil. Por ejemplo, Ortega-Huerta y Peterson (2004) identifican sitios en la región noreste de México las cuales representan un máximo de especies y son considerados como prioritarios para su conservación. Asimismo, Peterson *et al.* (2000) para el estado de Veracruz, utilizan los modelos de nicho ecológico para la optimización de los sistemas de reservas. En tanto, Contreras-Medina *et al.* (2010) evalúan el papel de las áreas naturales en la conservación y manejo de una especie de gimnosperma; sus resultados muestran la necesidad que existe de conservar algunos fragmentos de bosques templados mexicanos para garantizar la existencia de dicha especie. Incluso, los modelos de nicho ecológico han permitido identificar áreas para reintroducir especies, como el condor de California y el lobo mexicano (Martínez-Meyer *et al.* 2006).

Por tanto, el uso de los modelos de nicho ecológico para generar mapas de distribución, permite identificar áreas de endemismo, así como analizar patrones biogeográficos de los diferentes grupos taxonómicos de las especies; además de explicar los procesos evolutivos que ocurren en los organismos (Guisan & Zimmermann 2000, Martínez-Meyer 2002, Anderson *et al.* 2003, Futuyma 2005).

De acuerdo a lo anterior, en este trabajo, se utilizan las anteriores aproximaciones para proponer estrategias que permitan la conservación de murciélagos nectarívoros.

OBJETIVO GENERAL

Proponer estrategias para la conservación de los murciélagos nectarívoros *Leptonycteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana* para la región noroeste de México, usando modelos de nicho ecológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recopilar información de registros (históricos y actuales) de murciélagos nectarívoros para la región noroeste.

Generar los modelos de nicho ecológico usando la información de los registros de los murciélagos nectarívoros y variables climáticas y ecofisiológicas.

Delimitar la distribución geográfica para la región noroeste con base en la información de los modelos de nicho ecológico.

Identificar las variables que influyen en la presencia de los murciélagos nectarívoros dentro de la región noroeste.

Proponer acciones de manejo para los murciélagos nectarívoros en la región noroeste.

ÁREA DE ESTUDIO

La región noroeste de México es una de las regiones mexicanas que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora Sinaloa y Nayarit, cada uno de ellos con sus características propias. Esta región del país se encuentra sometida a los efectos de alta presión durante la mayor parte del año, además de que la costa occidental de la península de Baja California tiene gran influencia de una corriente marina fría que tiene gran efecto sobre el clima local (Mosiño & García 1973). Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), el clima predominante es de tipo muy árido o seco desértico BW, los cuales se caracterizan por tener temperaturas medias anuales que oscilan entre los 18° y 22° C. Este tipo de clima se caracteriza por la presencia de lluvias en Verano, Invierno y escasas todo el año; cubre cerca del 50%, manifestándose, por influencia de factores geográficos, como cálido extremoso en la parte media y sur de la planicie sonorenses y a lo largo de la vertiente occidental de la serranía californiana y, debido al invierno fresco, cambia a semi cálido en la zona desértica del Altar y la llanura costera hasta la región de Guaymas; el clima seco adquiere una condición templada en las mediaciones de la vertiente oriental de las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir siendo en estas dos sierras, el clima mediterráneo la que priva, caracterizándose por presentar lluvias de invierno, cuya temperatura varía de entre 12° y 18° C. En general, en la región noroeste, la vegetación predominante es xerófila; la cual

se caracteriza por formas biológicas de vida adaptadas a la aridez, siendo la presencia de las cactáceas unas de las más representativas de la región y haciendo de ésta, una región de gran riqueza endémica (Rzedowski 1978). Por otro lado, el noroeste del país es la zona con mayor superficie territorial nacional que está bajo alguna de las categorías de protección y/o conservación.

La Comisión para la Cooperación Ambiental, realizó una caracterización regional de los ecosistemas de Norteamérica para ayudar a la gestión ambiental (CCA 1997; ver mapa e información más detallada en anexo A). En este sentido, cada ecorregión puede ser vista como un sistema ecológico independiente, resultado del entrecruzamiento e interacción de factores geológicos, orográficos, edafológicos, climáticos, faunísticos, florísticos y humanos presentes en ellas; a su vez, cada ecorregión (nivel I) esta subdividida (niveles II y III). De acuerdo a esta clasificación, la región noroeste del país está dividida en las siguientes subregiones hasta el nivel III (ver Fig. 4): 10.2.2-Desierto Sonorense, 10.2.3-Desierto de Baja California, 11.1.1-Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano, 11.1.3-Bosques de pino y encino de las montañas de Baja California y sur de California, 12.1.1-Archipiélago Madreano, 13.2.1-Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental, 14.3.1-Planicie costera sinaloense con selva espinosa, 14.3.2-Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, 14.6.1-Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo, 14.6.2-Sierra de La Laguna con bosques de encino y coníferas.

Las subregiones mencionadas anteriormente, son las que son comprendidas para el presente estudio.



Figura 4. Mapa de ecorregiones de Norteamérica sobre la cual se sitúa las subregiones del noroeste de México (en tonos de colores).

MÉTODOS

Para llevar a cabo el presente estudio, los métodos se siguieron se representan en el siguiente diagrama de flujo (Fig. 5).

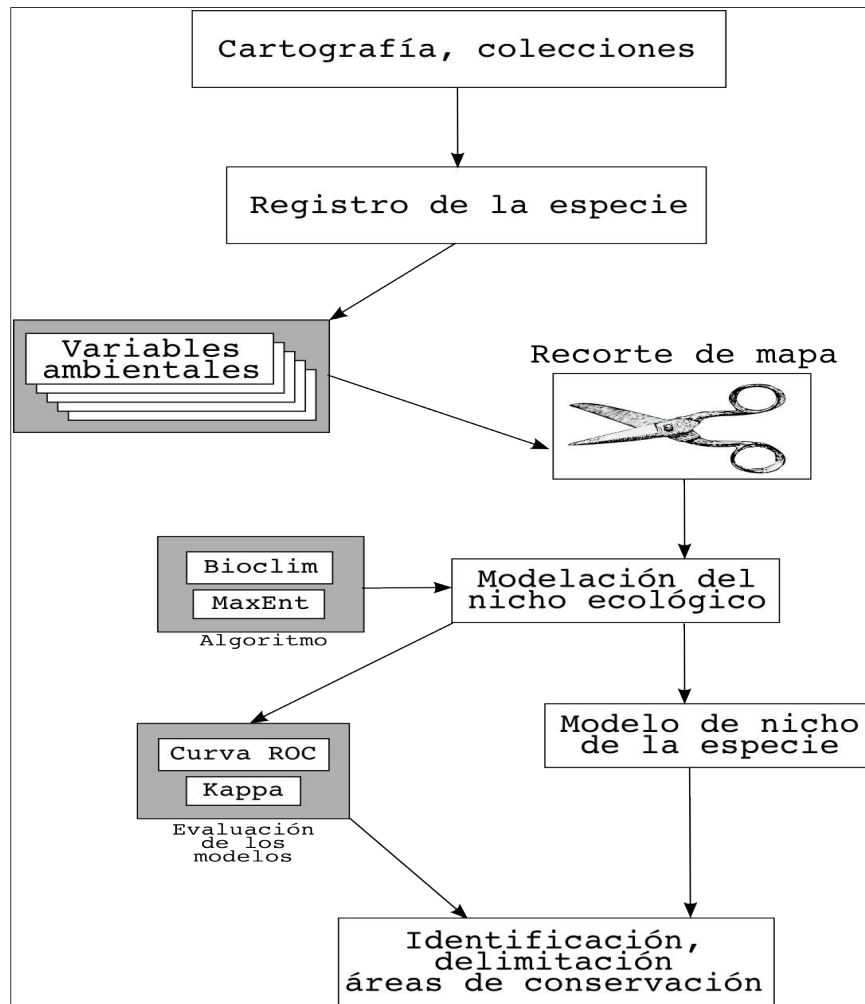


Figura 5. Diagrama de flujo de los métodos.

Recopilación y selección de los registros de las especies.

Los registros de las especies de murciélagos nectarívoros (*Leptonycteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana*), así como de las cactáceas columnares (*Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi* y *Carnegiea gigantea*), fueron obtenidos de la base de datos de las colecciones electrónicas de GBIF (Global Biodiversity Information Facility, por sus siglas en Inglés) y NatureServe, así como de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). De manera adicional, para en el caso de los murciélagos, se consultó la base de datos electrónica de Manisnet (Mammal Networked Information System), además de los registros obtenidos por Guevara *et al.* (en revisión) y aquéllos obtenidos por Couoh-de la Garza *et al* (2006); estos dos últimos conjuntos de registros se encuentran actualmente en la Colección de Vertebrados de la Universidad Autónoma de Baja California (CVUABC).

Todos los registros obtenidos se compilaron en una base de datos que incluían el nombre de la especie y sus coordenadas geográficas (expresadas en latitud-longitud [en formato de grados decimales]). La base de datos se guardó en formato csv (Valores Separados por Comas) el cual corresponde al formato de entrada necesario en la lectura de los algoritmos para la modelación de nichos.

En el caso de los registros de los murciélagos nectarívoros, éstos se dividieron de acuerdo a la fecha de su colecta; esto con la finalidad de conocer

el patrón de movimiento de cada especie de acuerdo a la época de su fecha de registro. Esta división se basó de acuerdo a su ciclo de vida (Fig. 2); así, los registros se dividieron en cuatro grupos: marzo-mayo, junio-agosto, septiembre-noviembre y diciembre-febrero. Dado que no todos los registros presentaban la fecha de su colecta en que fueron colectados, éstos fueron discriminados y únicamente se usaron los que sí tenían el dato de la fecha de su colecta.

Determinación del área de estudio.

Para la determinación de la distribución geográfica en la región noroeste de México, se utilizó el mapa de ecorregiones de Norteamérica (CCA 1997), el cual está basado en los reinos biogeográficos de Pielou (1979) y Udvardy (1975) y en la clasificación de bosques y climas, así como de trabajos hechos por Omernik (1987 y 1995). Esta base fue descargada de la página de la Comisión para la Cooperación Ambiental (<http://www.cec.org>) en formato vectorial (shape shp).

Posteriormente, los registros se desplegaron espacialmente en un SIG (Sistema de Información Geográfica) usando, para ello, el programa QGIS® (Versión 2.1.0-Master). Una vez integrado el SIG, se ubicaron espacialmente los registros para poder determinar el área de estudio con base en el mapa de las ecorregiones de Norteamérica. Enseguida se procedió a recortar el área de estudio según la ubicación de los registros, utilizando para esto, la herramienta

“Clipper” del mismo programa de SIG (QGIS®) y, por último, se convirtió a formato ráster (ASCII) (Fig. 4).

Obtención de las capas ambientales.

Para la modelación de los nichos ecológicos se usaron variables climatológicas obtenidas de la base de datos de Clim (<http://worldclim.org>), las cuales representan tendencias anuales del clima, estacionalidad y limitantes medioambientales. Estos datos fueron obtenidos a través de la interpolación de los promedios mensuales climáticos a partir del año de 1950 y 2000, provenientes de numerosas estaciones climatológicas ubicadas en casi todo el mundo, los cuales generaron variables de alto valor biológico (Hijmans *et al.* 2005). Los archivos se descargaron en formato grid de ESRI a una resolución de 1 Km², la cual es considerada como una resolución alta (Hijmans *et al.* 2005).

Las variables bioclimáticas utilizadas se clasifican de acuerdo a: 1) Temperatura: promedio anual, oscilación diurna, isothermalidad, estacionalidad, máxima del periodo más cálido, mínima del periodo más frío, oscilación anual, promedio del trimestre más lluvioso, promedio del trimestre más seco, promedio del trimestre más cálido, promedio del trimestre más frío; y 2) precipitación: anual, del mes más húmedo, del mes más seco, estacionalidad del trimestre más húmedo, del trimestre más seco, del trimestre más cálido y del trimestre más frío (Hijmans *et al.* 2005; anexo B).

Posteriormente, a estas capas ambientales se les hizo un corte de acuerdo al polígono de la zona de estudio y, enseguida, fue convertido a formato ASCII (ArcInfo) el cual es requerido para leer los algoritmos de modelación de nichos. Este formato es de tipo ráster, que transforma cada una de las unidades de información, en píxeles.

Además de las variables bioclimáticas, se utilizaron otras capas de información a las que se tuvo acceso y que son relevantes en la biología y ecología de los murciélagos. Entre las capas de información que se agregaron, están las siguientes: Cuerpos de agua, áreas naturales protegidas, minas, radiación solar, temperatura y precipitación, así como uso de suelo y vegetación. Para estas capas, se llevó a cabo el mismo procedimiento, es decir, se realizó el corte de acuerdo a el área de estudio y, posteriormente se convirtieron a formato ráster.

Delimitación y verificación de los registros en el mapa de ecorregiones.

De los registros obtenidos de murciélagos y cactáceas columnares, se verificó la congruencia espacial en un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando, como referencia, el programa Google Earth (Vers. 7.1). Para el caso de aquéllos registros que no tenían coordenadas, éstas se obtuvieron de gaceteros a partir de las localidades de los sitios de colecta de los registros; sin embargo, se descartaron aquéllos registros en los cuales no aparecía el nombre de la localidad donde se colectaron. Cabe mencionar que, cuando alguna

localidad contaba con más de un registro para la misma especie, sólo uno de éstos se usó para llevar a cabo la modelación de nicho.

Por otro lado, la resolución de las capas ambientales usadas, discriminaba zonas e incluso hubo islas que no tomó en cuenta; es decir, el tamaño del pixel que usaron las capas ambientales, no distinguía aquéllas islas que eran de tamaño menor al del pixel, por lo que, al momento de proyectarlas al SIG, no aparecían. Con respecto a estas islas o áreas de tamaño menor al del pixel y, dentro de las cuales había algún registro, dicho registro quedaba en el espacio (océano). A este tipo de registros se les aplicó el siguiente criterio: Aquéllos registros que se encontraban a una distancia igual o menor a 3.5 m respecto al pixel que representaba no el océano (ya fuese el continente o alguna isla), se les modificó sus coordenadas al pixel más cercano; por el contrario, aquéllos registros que se encontraban a una distancia mayor a 3.5 m, se eliminaron y no fueron considerados para la modelación de nichos, puesto que de considerarlos, podrían meter algún sesgo al momento de la ejecución de los modelos.

Generación de los modelos de nicho ecológico.

Para llevar a cabo la modelación de nicho se utilizaron dos tipos de algoritmos: Bioclim, a través de la interfase DIVA-GIS (Versión 7.5) con el procedimiento descrito por Hijmans *et al.* (2004); asimismo se utilizó el

algoritmo de Máxima Entropía, a través de la interfase de MaxEnt (Versión 3.3.3k) descrito por Phillips *et al.* (2010). Ambos algoritmos empleados en el presente estudio, se ejecutaron usando la opción por defecto de cada programa.

Para la obtención de los modelos de nicho, se probaron diez modelos generales, una por cada especie y por cada algoritmo (cuadro 2), utilizando las 19 variables ambientales de WorldClim (<http://worldclim.org>). Para el caso de los murciélagos nectarívoros se construyeron ocho modelos adicionales de acuerdo a los grupos en que fueron divididos los registros y con base a su ciclo de vida: mar-may, jun-ago, sep-nov y dic-feb. Adicionalmente, se realizaron dos modelaciones; una que incluía a todas las cactáceas (cardón, sahuaro y pitahaya) y otra que incluía a ambos murciélagos nectarívoros (*Leptonycteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana*) en un sólo grupo. Así, en total, se generaron 26 modelos de nicho para todas las especies del presente trabajo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de modelos de nicho llevados a cabo por algoritmo y para cada especie y grupo de especies, en cuestión.

Especie	Algoritmo usado		Modelos totales
	Bioclim	MaxEnt	
<i>Pachycerus pringlei</i> (Cardón)	1	1	2
<i>Carnegiea gigantea</i> (Sahuaro)	1	1	2
<i>Stenocereus thurberi</i> (Pitahaya)	1	1	2
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i> (por temporada: mar-mayo, jun-ago, sep-nov y dic-feb)	4	4	8
<i>Choeronycteris mexicana</i> (por temporada: mar-mayo, jun-ago, sep-nov y dic-feb)	4	4	8
Cactus (Sahuaro, cardón y pitahaya)	1	1	2
Murciélagos nectarívoros (<i>Leptonycteris yerbabuenae</i> y <i>Choeronycteris mexicana</i>)	1	1	2
Modelos totales	13	13	26

Análisis de los modelos.

Una vez generados los modelos, se exportaron a formato ASCII (ArcInfo) para poder ser visualizados por medio de un SIG, usando para ello el programa QGIS® (Versión 2.1.0-Master). Cada modelo generado, se reclasificó en seis clases, de acuerdo a los valores obtenidos por cada algoritmo, valores que predecían el porcentaje probabilidad de distribución de las especies; estas clases fueron las siguientes: No adecuado, bajo, medio, alto, muy alto y excelente. Cada clase representaba las áreas con condiciones adecuadas para la distribución de cada especie dentro del área de estudio. Cada clase fue representada por medio de un código de color.

Para comparar las áreas predichas entre ambos modelos y obtener la medida del área de cada clase reclasificada, (p. ej., no adecuado, excelente, etc.), se empleó el programa Dinamica EGO© Versión 2.2 (Soareas-Filho *et al.*, 2009; <http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>), el cual utiliza, como datos de entrada, archivos en formato ráster. Este programa, mediante algoritmos propios, calculó las áreas (en hectáreas), que cada modelo de nicho había arrojado. De esta manera se compararon las áreas predichas por cada algoritmo y, de manera adicional, se pudo observar dónde, cada modelo proponía áreas de mayor o menor probabilidad de distribución con respecto del otro.

Evaluación de los modelos de nicho.

Esta evaluación consiste en una prueba estadística para saber cómo está funcionando el modelo en relación con la exactitud de la predicción de nicho ecológico. Para llevar a cabo la determinación de la predicción de nicho ecológico para cada uno de los modelos obtenidos, se usó el índice del área bajo la curva (Area Under Curve) de la función ROC (Receiver Operating Characteristic), así como la estadística de Kappa de Cohen. Dichas técnicas son las más usadas y las más reconocidas en la evaluación de los modelos de nicho (Manel *et al.* 2001, Johnson & Gillingham 2005, Elith *et al.* 2006, Marmion *et al.* 2009).

La curva ROC (Característica Operativa del Receptor, por sus siglas en Inglés) es una representación gráfica de la sensibilidad frente a (1 – especificidad); esta técnica indica la exactitud global de la prueba. Un diagrama de ROC (Fig. 6) es obtenido trazando la fracción de casos clasificados correctos en el eje de "Y" contra la fracción de los casos clasificados incorrectos para todas las probabilidades posibles en el eje de "X" (Fielding y Bell, 1997). La curva ROC es interpretada en función del indicador AUC (Área Bajo la Curva, por sus siglas en Inglés). Mediante el área bajo la curva ROC (AUC), se pudieron seleccionar los modelos óptimos y descartar los modelos subóptimos o no óptimos. Los valores del índice AUC varían desde 0.5 (ninguna exactitud evidente) hasta 1.0 (exactitud perfecta) (Manel *et al.* 2001).

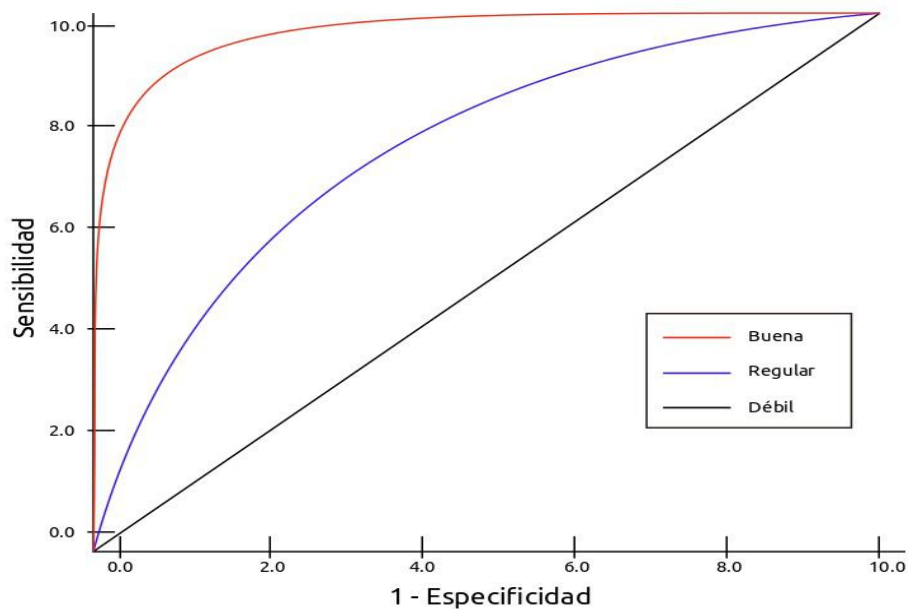


Figura 6. Gráfica de una curva ROC.

Por su parte, el índice Kappa (estadístico Kappa de Cohen) mide la proporción de registros correctamente predichos por los modelos, omitiendo la probabilidad de concordancia al azar (García-Márquez 2006, Moisen & Frescino 2002). Los valores del índice de Kappa van de 0 a 1, indicando 0, baja probabilidad y 1, alta probabilidad de exactitud (Landis & Koch 1977, Swets 1988). Manel *et al.* (2001), así como Araújo y *et al.* (2005) hacen las siguientes recomendaciones para su interpretación: valor de 0.00, indica una precisión pobre, en tanto, valores entre 0.01 y 0.2 una precisión leve, mientras que, valores de 0.21 y 0.4, indican una precisión aceptable del modelo; a su vez, valores entre 0.41 y 0.6, indican una precisión moderada, en tanto, valores 0.6 y 0.8, una precisión considerable y, por último, valores de, entre 0.8 y 1.0, indican una precisión perfecta del modelo.

Identificación de las variables que influyen en la presencia de los murciélagos nectarívoros.

La identificación de las variables permite determinar qué variable o variables, de las que se incorporan al modelo de nicho ecológico, es la que mayor contribuye a la construcción del mismo. De esta manera, el modelo predice qué variable es la que podría estar determinando en la presencia de dicha especie. Para el presente estudio, se identificaron aquéllas variables climatológicas que contribuyeron en mayor medida a la construcción de cada

uno de los modelos de nicho ecológico obtenidos de cada una de las especies bajo estudio.

Suma de los resultados de los modelos.

De los modelos obtenidos, se realizó un mapa final (mapa de interacción de las especies) con la intención de ver en qué zonas existía interacción entre cada una de las especies bajo estudio con la intención de determinar qué zonas pudieran ser más importantes para su conservación. Este mapa incluyó a todas las especies; tanto a las tres cactáceas columnares, como a ambos murciélagos nectarívoros. Para la obtención de este mapa de interacción, se realizó una adición de los mapas de los modelos, esto con base al mejor modelo (Bioclim o MaxEnt) de cada especie. El mejor modelo se eligió de acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación estadística hecha en el paso anterior. Para llevar a cabo esta suma de mapas de los modelos, los valores finales de las clases anteriormente obtenidas (No adecuada, bajo, etc.) del mejor modelo de cada especie, se convirtieron a valores de únicamente presencia-absencia (Cuadro 3). Cada valor convertido, representaba, ya fuera ausencia o presencia de una o más especies en cada una de las subregiones del área de estudio. Cada valor se reclasificó asignándole un nuevo valor que, a su vez, representaba el tipo de interacción de acuerdo al traslape de cada mapa en el mapa final.

Cuadro 3. Código del mapa de interacción. Donde 0 = Ausencia, 1 = Cardón, 10 = Pitahaya, 100 = Sahuaro, 1000 = *L. yerbabuena*, 10000 = *C. mexicana*. Para el caso del tipo de interacción, C = cardón, P = pitahaya, S = sahuaro, LY = *L. yerbabuena* y CM = *C. mexicana*. El nuevo valor asignado es el valor numérico que representa al tipo de interacción en cuestión.

Valor	Nuevo valor asignado	Tipo de interacción
0	0	Ausencia
1	1	C
10	2	P
11	3	P+C
100	4	S
101	5	S+C
110	6	S+P
111	7	S+P+C
1000	8	LY
1001	9	LY+C
1010	10	LY+P
1011	11	LY+P+C
1100	12	LY+S
1101	13	LY+S+C
1110	14	LY+S+P
1111	15	LY+S+P+C
10000	16	CM
10001	17	CM+C
10010	18	CM+P
10011	19	CM+P+C
11000	20	CM+LY
11001	21	CM+LY+C
11010	22	CM+LY+P
11011	23	CM+LY+P+C
11110	24	CM+LY+S+P
11111	25	CM+LY+S+P+C

Estado y vacíos de conservación de los murciélagos nectarívoros.

Por último, se sobrepuso el mapa de las RTP (Regiones Terrestres Prioritarias; CEC 2010) con los modelos obtenidos, con el fin de analizar el estado de conservación de los murciélagos nectarívoros en relación con estas áreas para identificar vacíos posibles que puedan ayudar a determinar, ya sea áreas de conexión y/o protección para poder proponer estrategias que permitan la conservación de este grupo de mamíferos.

RESULTADOS

Registros de las especies.

De manera general, los registros encontrados, para la región noroeste, fueron 408 (Cuadro 4); todos, obtenidos de las fuentes consultadas (GBIF, CONABIO, NatureServe, ManisNet y CVUABC). La consulta en las diversas fuentes se llevó a cabo durante los meses de febrero-abril de 2013. Algunas de las fuentes (e. g., base de datos de CONABIO y ManisNet) tenían nodos (instituciones donde se localizan las colecciones científicas) no actualizados por sus curadores (responsables del manejo de las bases de datos de las colecciones biológicas científicas); lo cual pudo haber ampliado en mayor medida el número de registros de las especies para este trabajo.

Cuadro 4. Registros totales de murciélagos nectarívoros y de cactáceas columnares para la región del noroeste.

Especie	GBIF			CONABIO			ManisNet			CVUABC			NatureServe			Total			Suma
	México	E. U.	A.	México	E. U.	A.	México	E. U.	A.	México	E. U.	A.	México	E. U.	A.	México	E. U.	A.	
<i>Pachycereus pringlei</i>	54	0		66	0		0	0		0	0		0	0		120	0		120
<i>Stenocereus thurberi</i>	61	13		53	0		0	0		0	0		0	0		114	13		127
<i>Carnegiea gigantea</i>	10	1		0	0		0	0		0	0		0	9		10	10		20
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	37	12		0	0		0	6		4	0		0	0		41	18		59
<i>Choeronycteris mexicana</i>	29	26		0	0		10	9		8	0		0	0		47	35		82
Suma	191	52		119	0		10	15		12	0		0	9		332	76		408

Para la elaboración del presente estudio, se utilizaron 141 registros de murciélagos nectarívoros: 82 registros de *Choeronycteris mexicana* y 59 registros de *Leptonycteris yerbabuenae*. Excepto, para la construcción de los modelos temporales, donde únicamente se utilizaron registros que contaran con la fecha de su colecta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de registros de murciélagos nectarívoros por temporada de colecta.

Especie	Mar-May	Jun-Ago	Sep-Nov	Dic-Feb	Total
<i>Choeronycteris mexicana</i>	15	39	19	5	78
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	15	30	8	3	56
	30	69	27	8	134

Proyección de resultados en el área de estudio.

Una vez obtenidos los registros, éstos fueron proyectados dentro del mapa del área de estudio (Fig. 7), donde pudo observarse que los registros de los murciélagos nectarívoros se ubicaron en todas las subregiones del área de estudio. En el cuadro 6 se muestra el número de registros por especies de acuerdo a la subregión en la que éstos se localizaron espacialmente. Para el caso del murciélago *Leptonycteris yerbabuenae*, estos registros concordaron espacialmente con las siguientes subregiones: 10.2.2-Desierto Sonorense, 10.2.3-Desierto de Baja California, 11.1.3-Bosques de pino y encino de las montañas de Baja California y sur de California, 12.1.1-Archipiélago Madreano, 14.3.1-Planicie costera sinaloense con selva espinosa, 14.3.2-Lomeríos de

Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, 14.6.1-Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo. Mientras que, para el caso del murciélago *Choeronycteris mexicana*, éste se encontró en las siguientes subregiones: 10.2.2-Desierto Sonorense, 10.2.3-Desierto de Baja California, 11.1.1-Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano, 11.1.3-Bosques de pino y encino de las montañas de Baja California y sur de California, 12.1.1-Archipiélago Madreano, 13.2.1-Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental, 14.3.1-Planicie costera sinaloense con selva espinosa, 14.3.2-Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia.

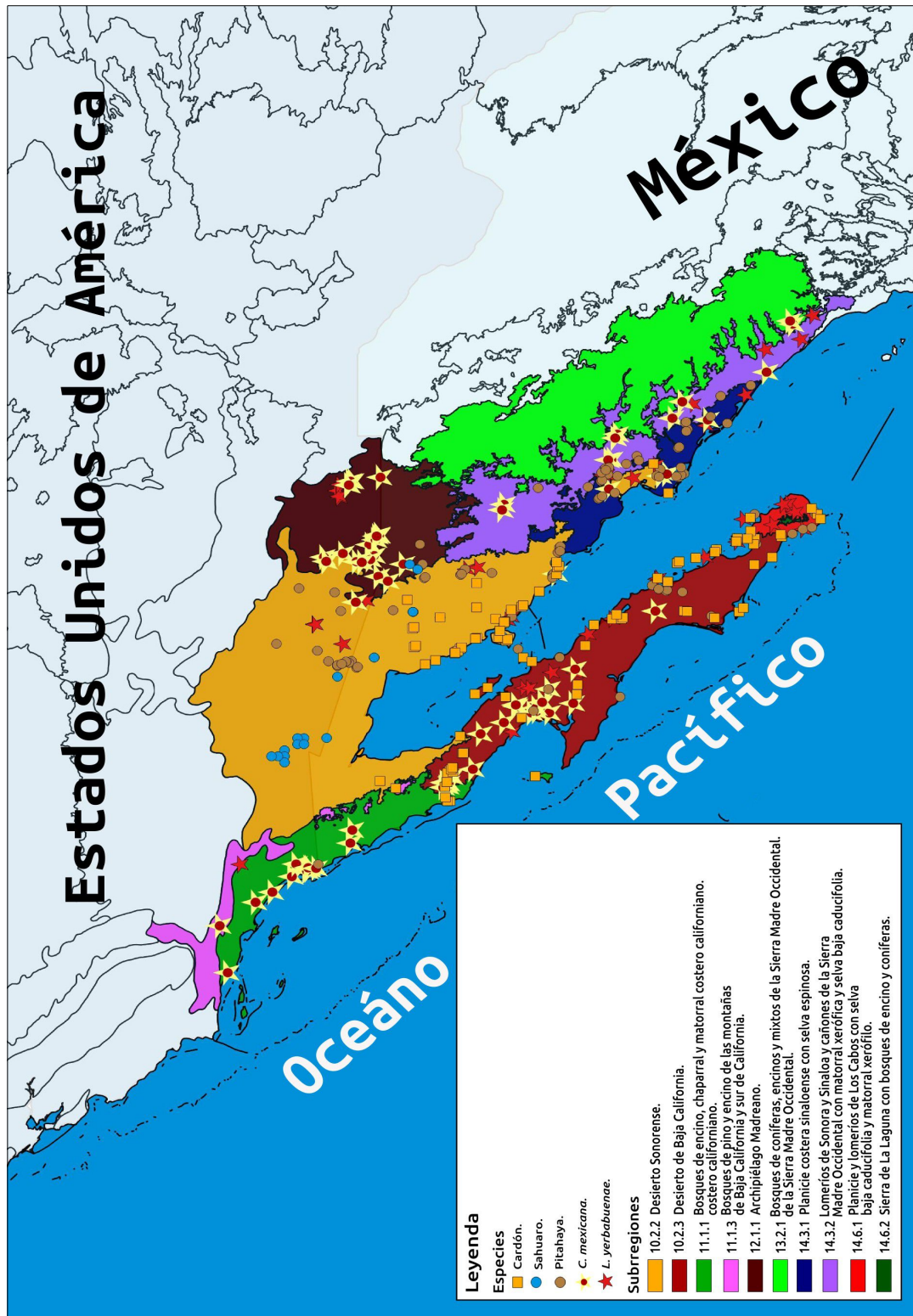


Fig. 7. Distribución de las especies de Cardón, Sahuaro y Pitahaya en México.

Cuadro 6. Número de registros de murciélagos nectarívoros por subregión (ver texto para mayor detalle).

Subregión	Especie		Registros totales
	<i>C. mexicana</i>	<i>L. yerbabuenae</i>	
10.2.2	2	9	11
10.2.3	23	12	35
11.1.1	14	0	14
11.1.3	1	1	2
12.1.1	23	12	35
13.2.1	3	0	3
14.3.1	4	5	9
14.3.2	8	11	19
14.6.1	0	6	6
14.6.2	0	0	0

Delimitación y verificación de los registros en el mapa de ecorregiones.

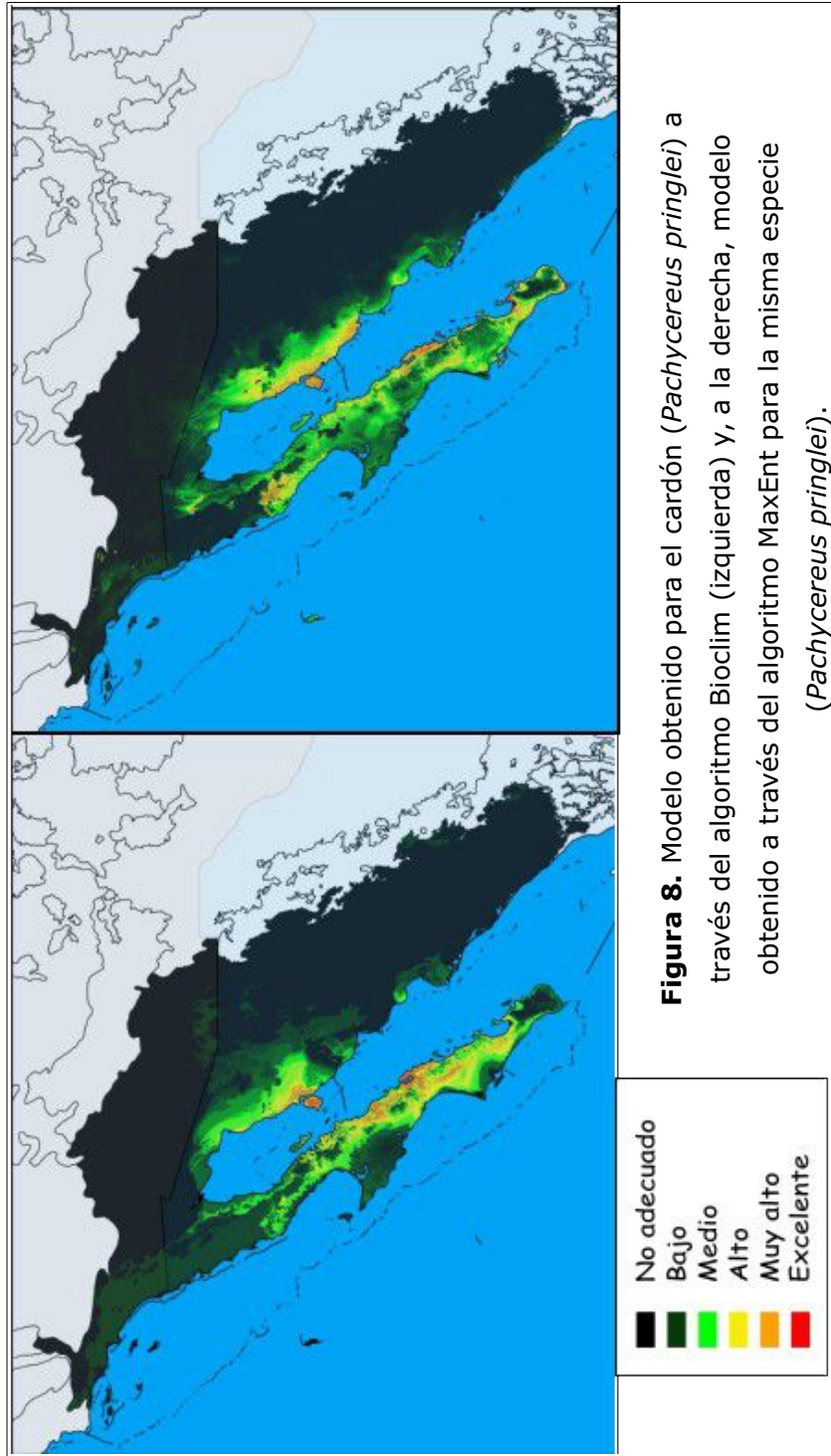
Del total de registros obtenidos para todas las especies (408), sólo se utilizaron 389 (112 de *Pachycereus pringlei*, 19 de *Carnegiea gigantea*, 124 de *Stenocereus thurberi*, 56 de *Leptonycteris yerbabuenae* y 78 de *Choeronycteris mexicana*) eliminándose 19 registros al hacer el filtro de la delimitación y de su verificación de acuerdo al área de estudio. Estos 389 registros fueron los que se usaron para construir los modelos de nicho con ambos algoritmos (Bioclim y MaxEnt).

Modelación de nichos.

A continuación se presentan cada uno de los modelos generados (dos modelos por cada especie; uno modelado por el algoritmo de Bioclim y el otro

mediante el algoritmo de MaxEnt). A partir del área total arrojada por los cálculos de Dinamica EGO®, la cual fue de 827, 943 celdas (71, 166, 770 ha), se calculó el porcentaje correspondiente a cada clase reclasificada (no adecuado, bajo, medio, alto, muy alto, excelente), según la predicción de la distribución para cada especie.

***Pachycereus pringlei*.** Los modelos obtenidos por Bioclim y por MaxEnt (Fig. 8) fueron muy parecidos en cuanto a la predicción de las áreas. Aunque, sin embargo, hubo diferencias en cuanto a la significancia predicha; por ejemplo, para la parte norte del Desierto de Baja California, MaxEnt predijo de muy alto a excelente, mientras que, Bioclim, lo predijo como medio; este último algoritmo también predijo como medio para la parte suroeste de esta misma subregión. Otra diferencia se observó en la subregión del Desierto Sonorense, en la cual, MaxEnt lo predijo entre alto-excelente para la parte costera de Sonora, mientras que Bioclim predijo la misma significancia sólo para la región de la Isla Tiburón y la costa frente a ésta. De manera general, Bioclim predijo 9.98% como nicho efectivo (ver Fig. 3; Diagrama BAM) para toda el área de estudio; 1.50% lo predijo entre alto-excelente y el restante como entre no adecuado a medio. Por el contrario, MaxEnt predijo el 23.01 % del área de estudio; 12.30% lo predijo entre alto-excelente y el porcentaje restante lo predijo como entre alto-excelente.



Carnegiea gigantea. Para el caso del sahuaro, se notan diferencias en el resultado de las áreas predichas entre ambos algoritmos (Fig. 9). Bioclim sólo predijo áreas casi exclusivas de la subregión del Desierto Sonorense. En tanto, el algoritmo MaxEnt, predijo prácticamente toda el área de estudio; sin embargo a gran parte de esta área predicha la cataloga como “no adecuado” y “bajo” y sólo una pequeña porción del área es predicha como “muy alto” y “excelente”. El porcentaje predicho por Bioclim fue de 7.41, área exclusivamente para la subregión del Desierto Sonorense; 1.41% lo predijo entre alto-excelente. En contraste, MaxEnt predijo el 31.18% del área de estudio; 7.05% se predijo entre alto-excelente para la subregión del Desierto Sonorense.

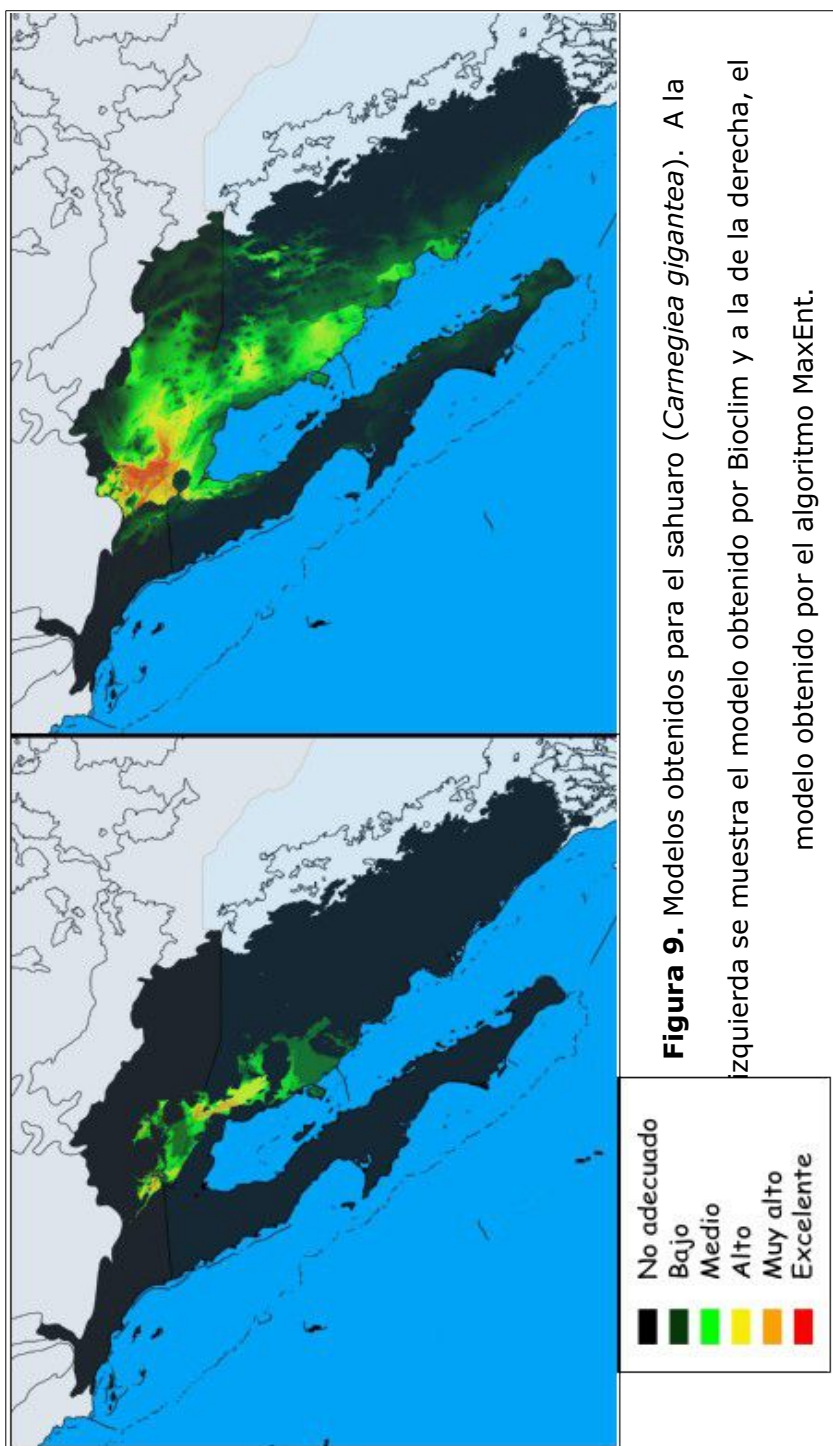
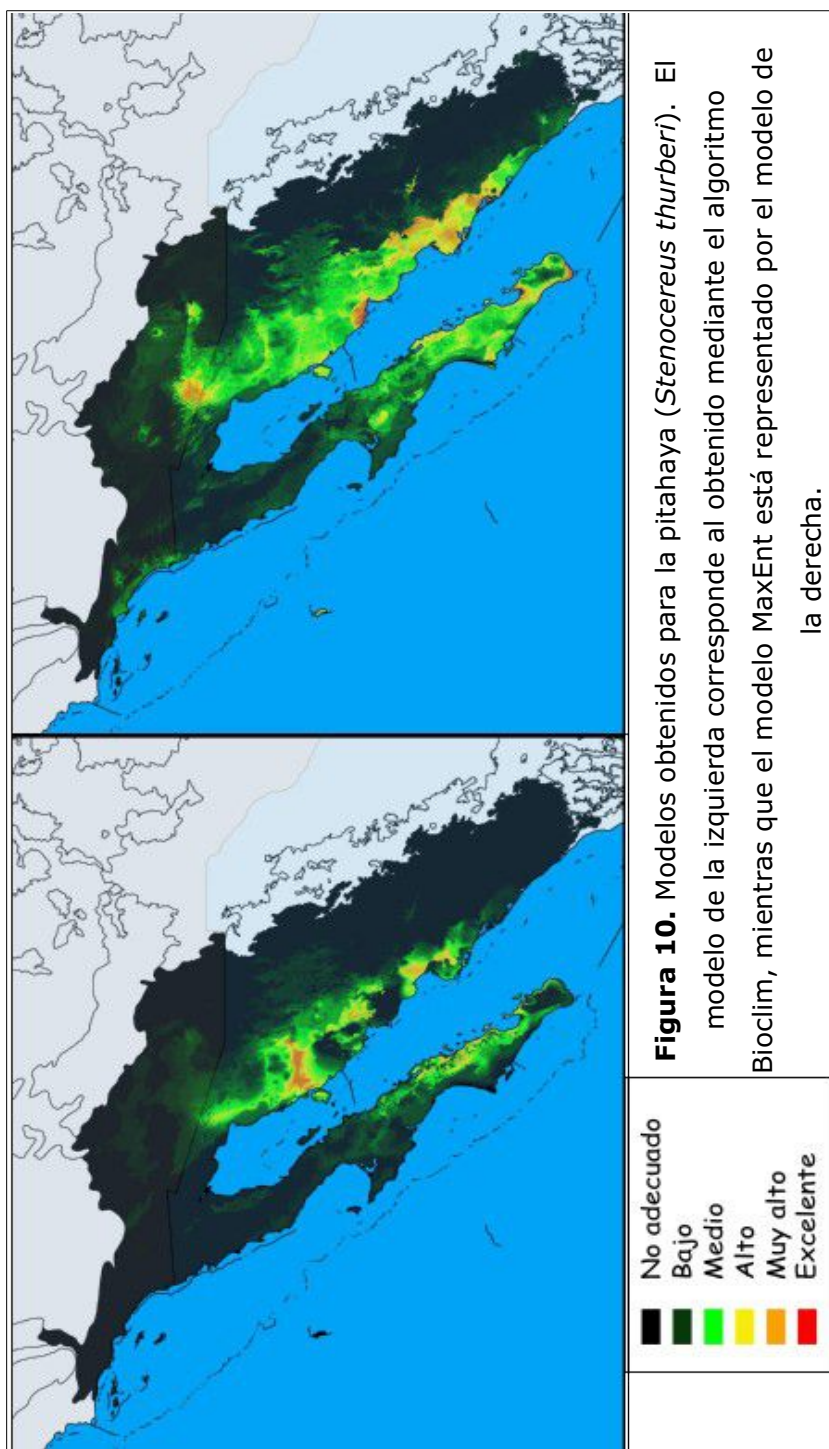
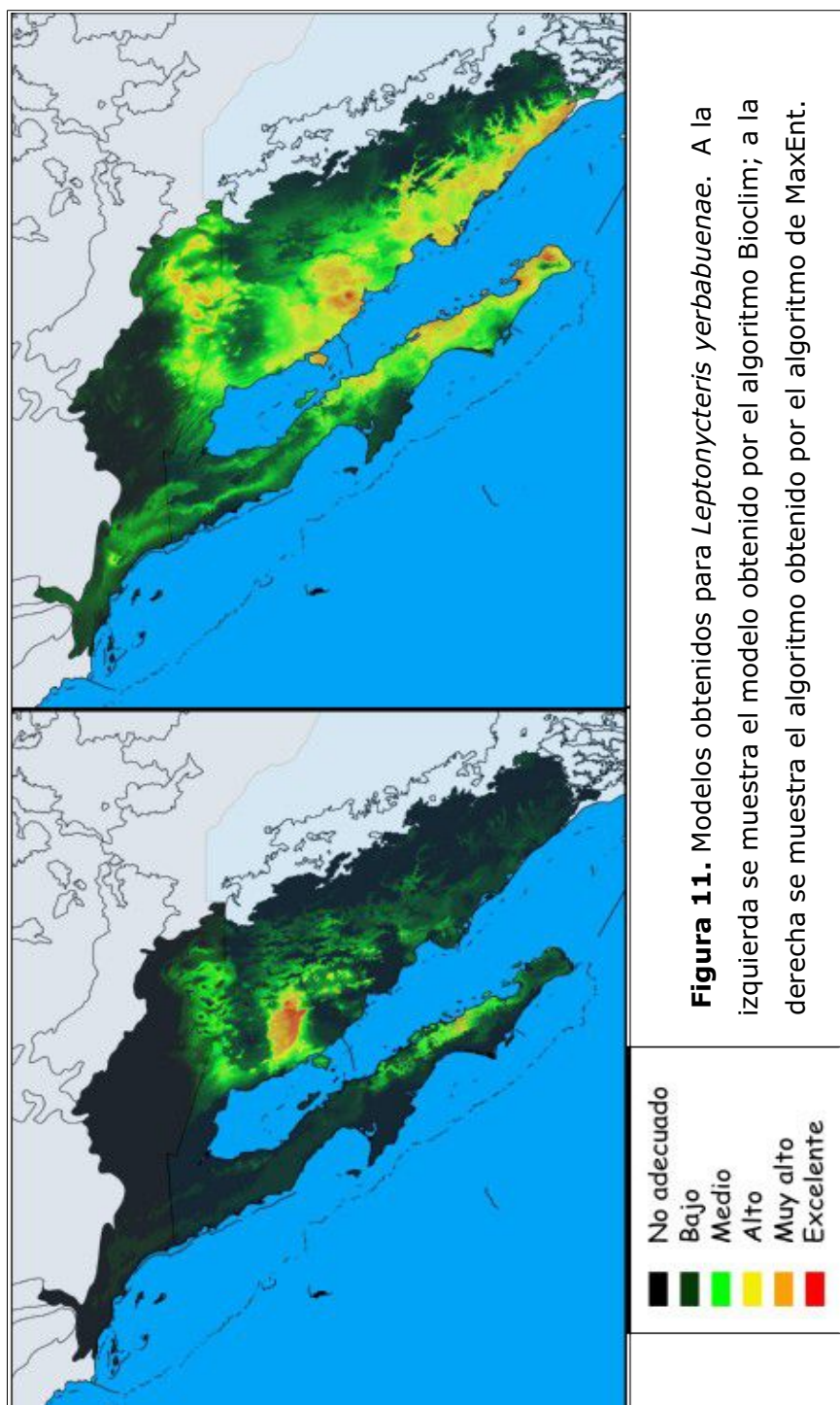


Figura 9. Modelos obtenidos para el sahuaro (*Carnegiea gigantea*). A la izquierda se muestra el modelo obtenido por Bioclim y a la de la derecha, el modelo obtenido por el algoritmo MaxEnt.

Stenocereus thurberi. Los modelos obtenidos para la pitahaya (Fig. 10), muestran resultados muy parecidos a los del sahuaro (Fig. 9). Las áreas predichas por Bioclim son, en su mayor parte, las subregiones del Desierto Sonorense, además de las subregiones del Desierto de Baja California y de la Planicie costera sinaloense con selva espinosa; áreas que fueron catalogadas como entre "muy alto" y "excelente". El algoritmo MaxEnt predijo toda el área de estudio para la pitahaya; aunque la mayor parte de zona fue catalogada como "bajo" y sólo pequeñas áreas, entre "muy alto" y "excelente"; mientras que, áreas que pertenecen a las mismas subregiones que Bioclim predice: la subregión del Desierto Sonorense, el Desierto de Baja California y la subregión de la Planicie costera sinaloense con selva espinosa. El porcentaje predicho por Bioclim para esta especie fue de 16.64, 4.02% se predijo entre alto-excelente. Para el algoritmo MaxEnt, el porcentaje de área predicho fue de 35.47; 9.30% se predijo entre alto-excelente.

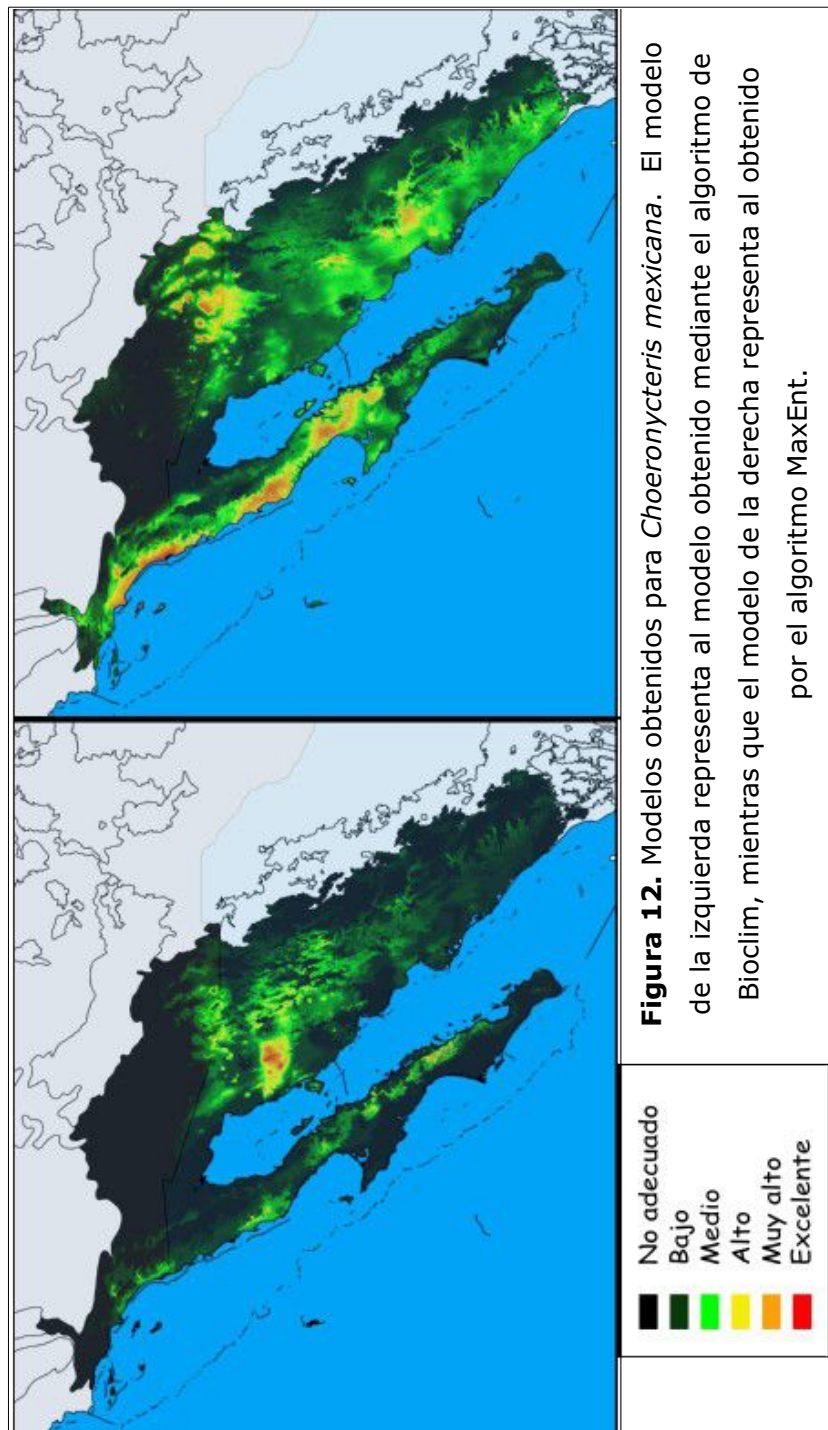


Leptonycteris yerbabuenae. El algoritmo Bioclim, predijo, para este murciélago, la subregión del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, catalogándolo desde el nivel “bajo”, hasta el nivel “excelente”; aunque las áreas más adecuadas tienen menor proporción comparadas con las menos adecuadas (Fig. 11; izquierda). Otras áreas predichas (pero catalogadas como entre “bajo” y “medio”) por este algoritmo son las subregiones de el Archipiélago Madreano, Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental y los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. En cambio, MaxEnt (Fig. 10; derecha) predijo toda el área de estudio, en su mayoría como “medio”, “alto” y “muy alto”; estas áreas pertenecen a las subregiones de el Desierto Sonorense, Desierto de Baja California, Archipiélago Madreano, Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental, Planicie costera sinaloense con selva espinosa, Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo y los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. El porcentaje de área predicho por el modelo Bioclim para esta especie fue de 17.15; 2.57% fue entre alto y excelente. Por su parte, el porcentaje obtenido por el algoritmo MaxEnt para esta especie fue de 71.17; 24.74% se predijo entre alto y excelente.



Choeronycteris mexicana. Los modelos obtenidos (Fig. 12) para este murciélago son muy parecidos en cuanto a las áreas predichas a los de *Leptonycteris yerbabuenae* (Fig. 11). Por ejemplo, el modelo obtenido por Bioclim, predice las áreas comprendidas entre la subregión del Desierto Sonorense y del Desierto Baja California desde “medio” hasta “excelente”, en conjunto con las áreas pertenecientes a las subregiones de el Archipiélago Madreano, Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental, además de los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, catalogando a éstas últimas como entre “bajo” y “medio”. Para el caso del modelo obtenido por algoritmo de MaxEnt, éste predijo, al igual que para el otro murciélago nectarívoro (*Leptonycteris yerbabuenae*), toda el área de estudio. No obstante, las zonas catalogadas de entre “alto” a “excelente” son las que comprenden las subregiones de el Desierto Sonorense, Desierto de Baja California, Archipiélago Madreano, Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental, Planicie costera sinaloense con selva espinosa, Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo y los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, las áreas comprendidas para las subregiones restantes, las cataloga entre “bajo” y “medio”. El porcentaje de predicción obtenido por el algoritmo Bioclim para este murciélago fue de 19.04; 2.71% se predijo entre alto y

excelente y el resto entre no adecuado y medio. En cambio, MaxEnt predijo un porcentaje de área de 55.85; 9.63% fue catalogado entre alto-excelente.



Para el caso de los murciélagos nectarívoros, a continuación se presentan los modelos generados por temporada, de acuerdo a la fecha de colecta de cada especie (Cuadro 4). Los modelos por temporada presentados a continuación, son aquéllos obtenidos por el algoritmo Bioclim, que fueron los que tuvieron la mejor evaluación de los modelos de nicho. Los modelos completos se muestran en el anexo C.

Marzo-mayo. Los modelos (Fig. 13) obtenidos para ambos murciélagos son parecidos, en las áreas que predijeron. El modelo obtenido para esta temporada, para *L. yerbabuenae*, predijo áreas pertenecientes a las subregiones del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, principalmente. Otras áreas que también predice, son las de la subregión del Archipiélago Madreano y la subregión de los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. Para el modelo obtenido para el murciélago *C. mexicana*, éste predijo, aparte de las mismas áreas mencionadas para *L. yerbabuenae*, el área de la subregión de bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre Occidental. El porcentaje de área que predijo el modelo para *L. yerbabuenae*, fue de 12.05; 1.68% de éste, lo predice entre alto y excelente. Mientras que, para *C. mexicana*, predijo un total de 22.17% de área; 0.64 de éste, lo predice entre alto-excelente.

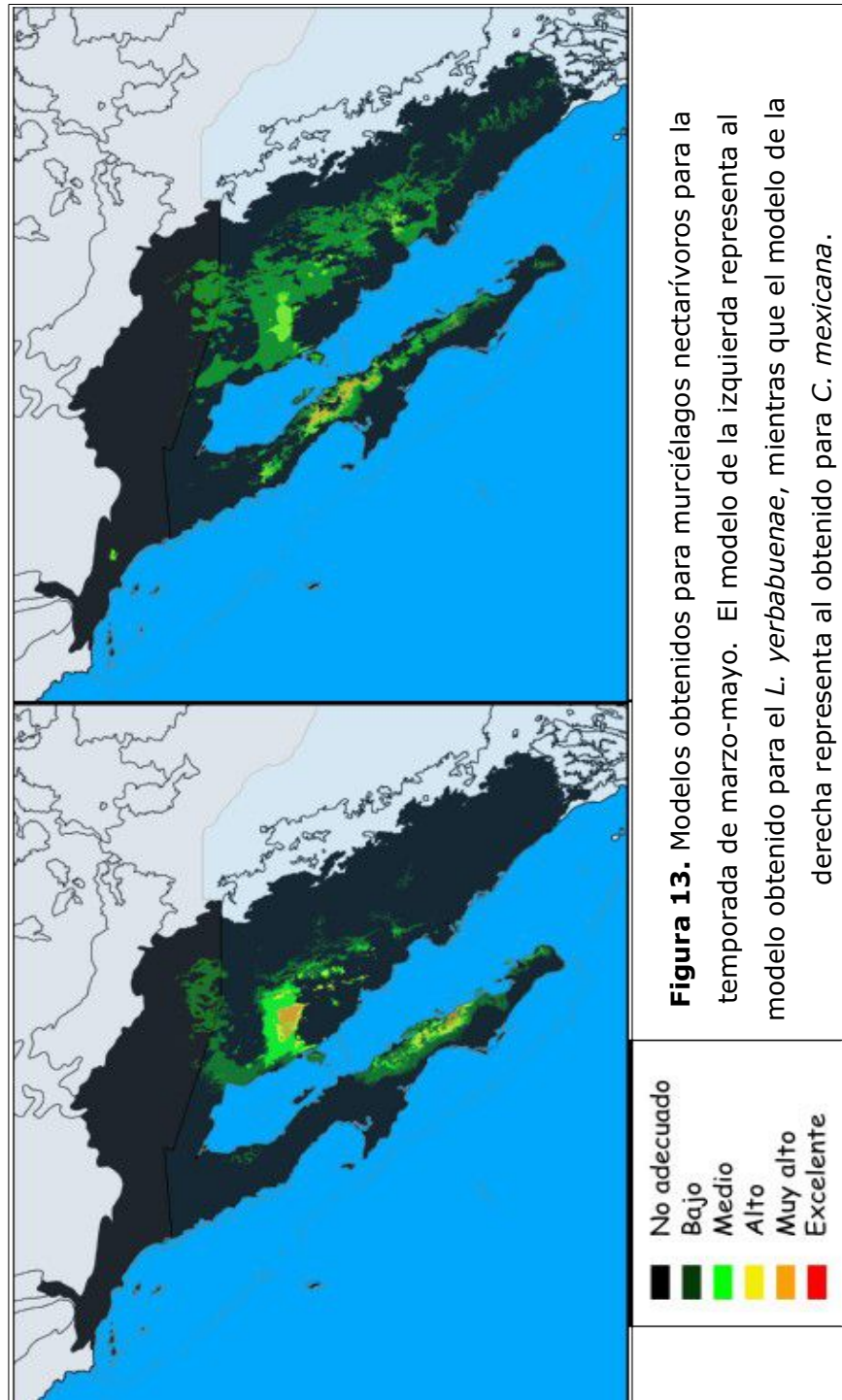
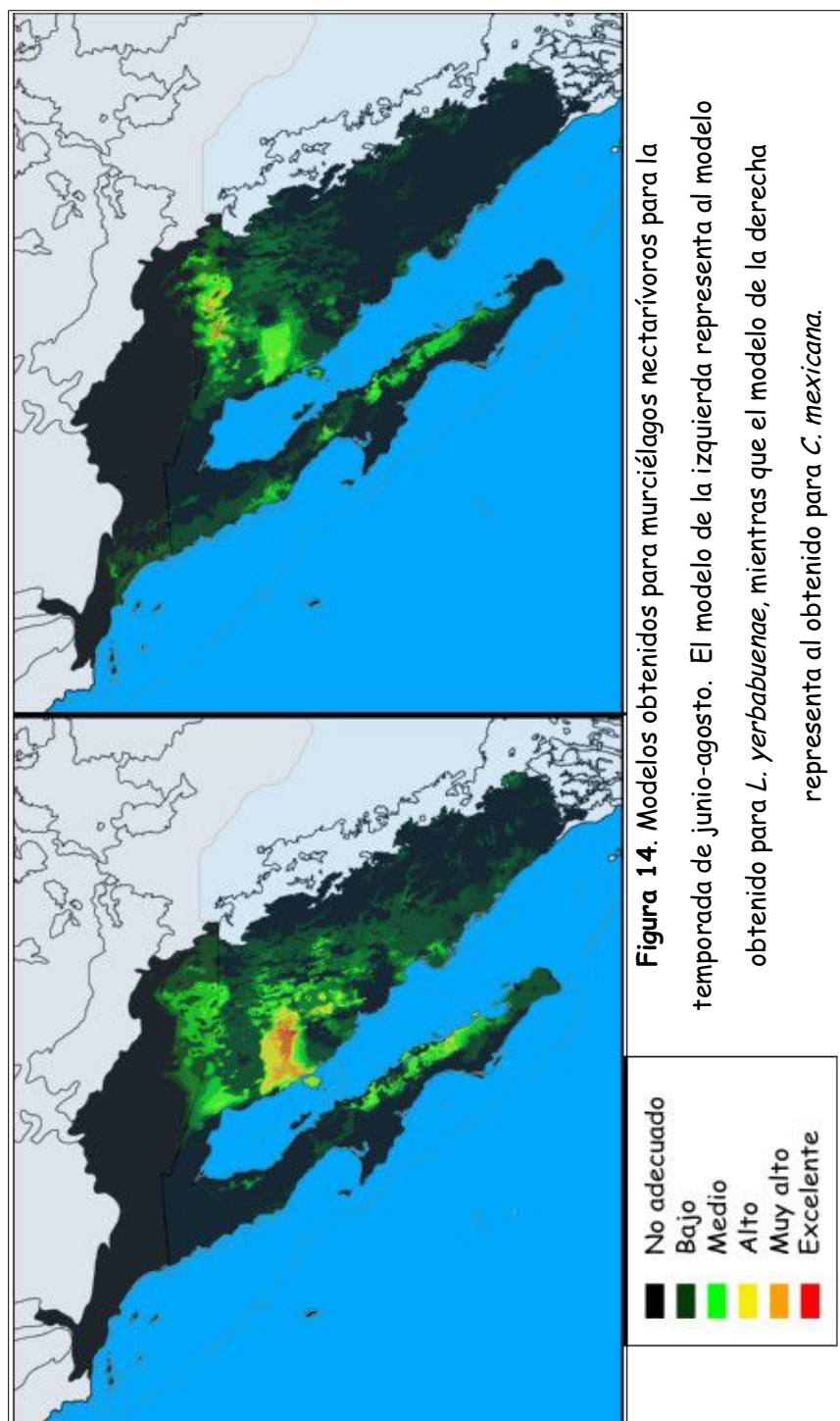
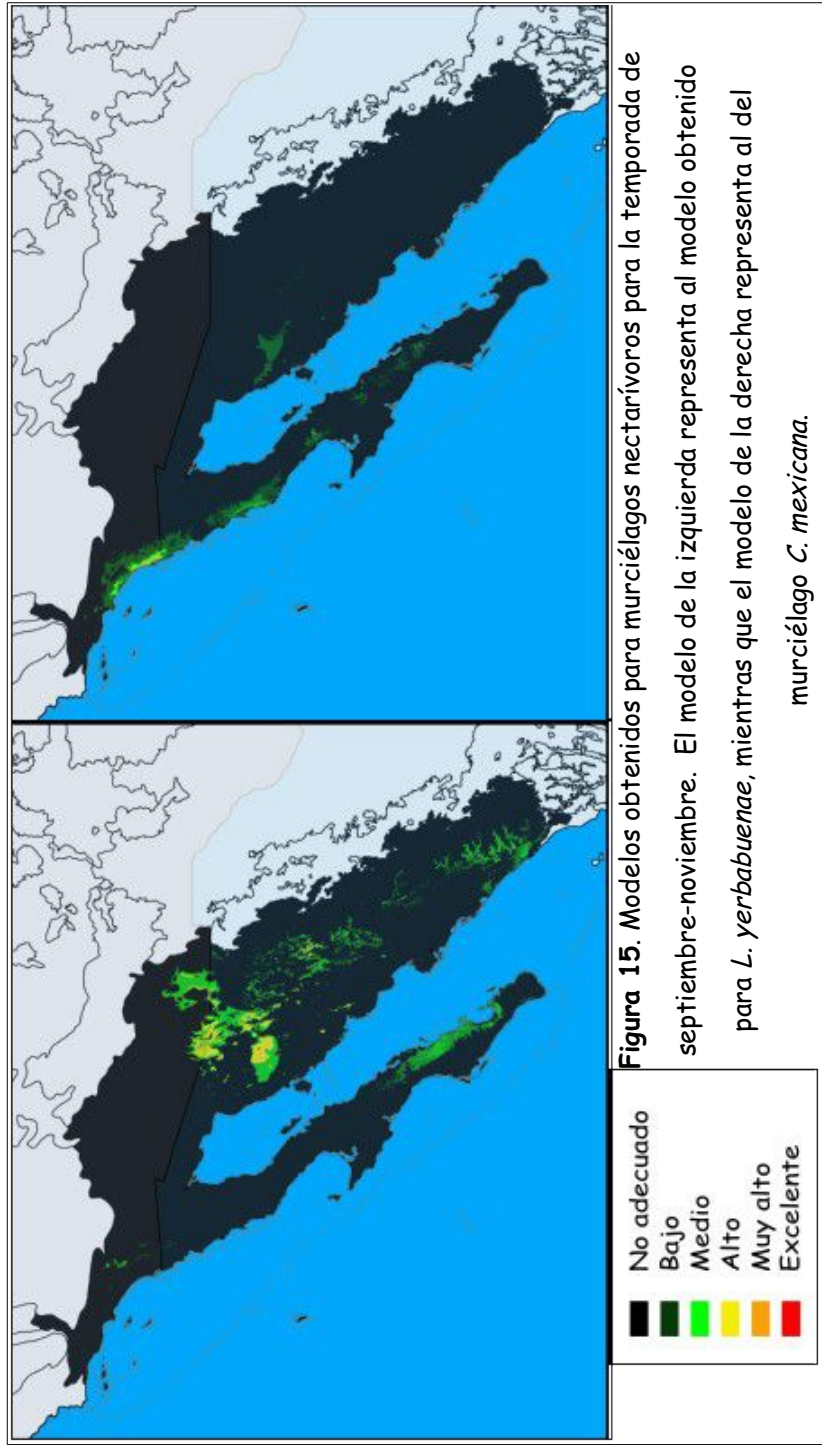


Figura 13. Modelos obtenidos para murciélagos nectarívoros para la temporada de marzo-mayo. El modelo de la izquierda representa al modelo obtenido para el *L. verbabuenae*, mientras que el modelo de la derecha representa al obtenido para *C. mexicana*.

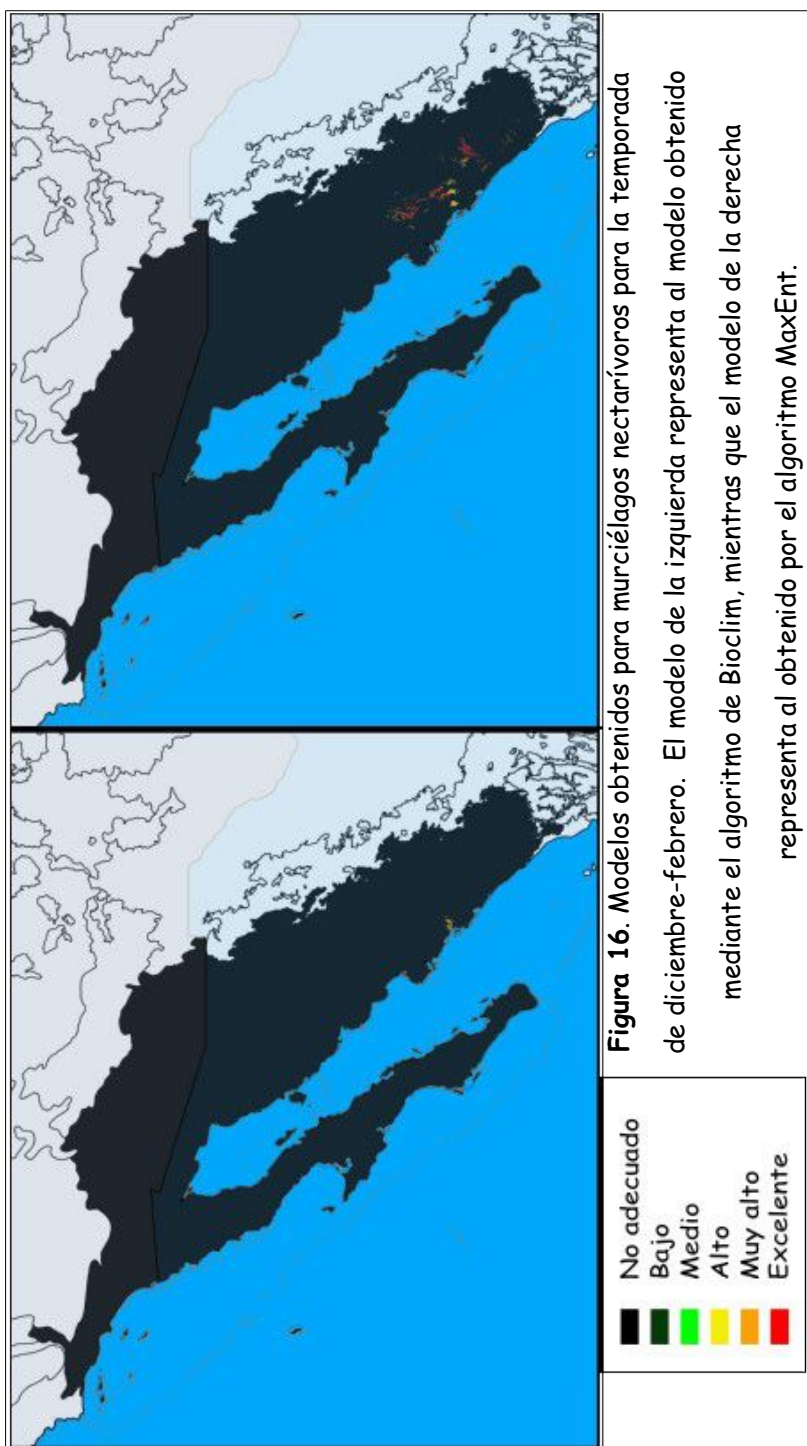
Junio-agosto. Para el modelo obtenido para esta temporada (Fig. 14), los resultados de predicción de área son muy parecidos a aquéllos obtenidos para la temporada de marzo-mayo (Fig. 13). Para el murciélago *L. yerbabuenae*, el modelo predijo áreas pertenecientes a las subregiones del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, principalmente y en menor grado, las áreas pertenecientes a las subregiones de el Archipiélago Madreano y de la subregión de Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. Por su parte, el modelo obtenido para el murciélago *C. mexicana*, predijo las áreas pertenecientes a las subregiones del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, además de las subregiones de el Archipiélago Madreano y de los bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano. El porcentaje de área que se predijo para el murciélago *L. yerbabuenae*, fue de 19.48; 3.37% de éste lo predijo entre alto y excelente. Mientras que para *C. mexicana*, el modelo predijo un área con un porcentaje igual a 13.50; 0.87% de éste lo predijo con valores entre alto y excelente.



Septiembre-noviembre. Para esta temporada (Fig. 15), el modelo obtenido para el murciélago *L. yerbabuenae*, predijo áreas pertenecientes al Desierto Sonorense, la parte sureste del Desierto de Baja California y a la subregión del Archipiélago Madreano. Por su parte, el modelo obtenido para *C. mexicana*, predijo las áreas pertenecientes a las subregiones de Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano, Desierto de Baja California y la parte sur de la subregión del Desierto Sonorense. El porcentaje de área que predijo el modelo para *L. yerbabuenae*, fue de 4.11; 3.11 de éste lo predijo entre alto y excelente. Mientras que para *C. mexicana*, el modelo predijo un área del 3.37%; 0.18 de éste, lo predijo con valores de entre alto y excelente.



Diciembre-febrero. Por último, para esta temporada (Fig. 16), el modelo predijo, para el murciélago *L. yerbabuenae*, sólo una pequeña área de la subregión de Planicie costera sinaloense con selva espinosa; en tanto el modelo obtenido para el murciélago *C. mexicana*, predijo también una pequeña área de la subregión de la Planicie costera sinaloense con selva espinosa y otra pequeña área de la subregión de los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. El porcentaje que se predijo para *L. yerbabuenae*, fue de 0.41; y este mismo porcentaje lo cataloga como entre alto-excelente. Mientras que para el murciélago *C. mexicana*, el modelo predijo un área equivalente al 0.48%; porcentaje catalogado entre alto y excelente.



Análisis y evaluación de los modelos de nicho.

Se presentan únicamente los resultados de los análisis de cada especie, tanto de las cactáceas columnares, como los de ambos murciélagos nectarívoros. Los análisis estadísticos de los modelos restantes obtenidos se presentan en el apartado de anexos (anexo D).

Los modelos obtenidos por los algoritmos Bioclim y MaxEnt, para el caso del cardón (*Pachycereus pringlei*), dentro de la evaluación, tuvieron los siguientes estadísticos (Fig. 17): El modelo obtenido por Bioclim tuvo un valor de AUC = 0.901, así como un valor de Kappa = 0.735. En tanto, el modelo obtenido por MaxEnt, el valor AUC fue de 0.967 y el estadístico de Kappa = 0.888.

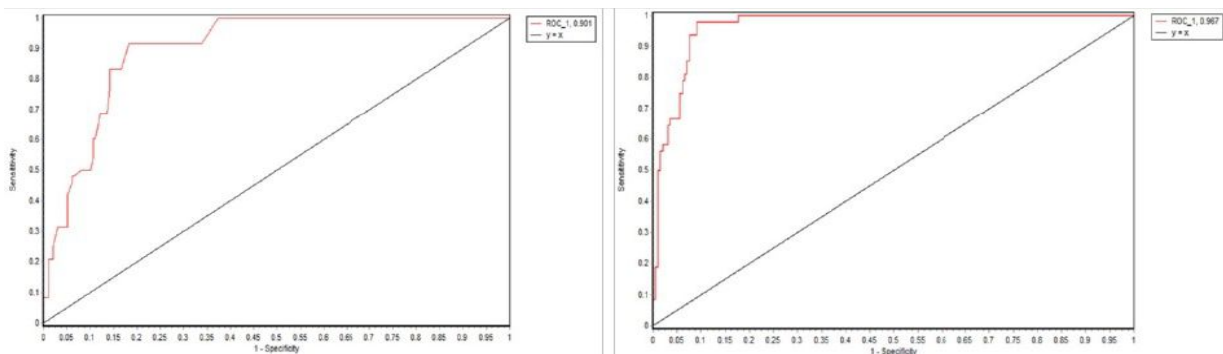


Figura 17. Gráficas de la curva ROC para cardón (*Pachycereus pringlei*). La curva ROC de la izquierda representa el valor para el modelo obtenido por Bioclim, mientras que la de la derecha, el valor para el modelo obtenido por MaxEnt.

Para el caso de los modelos obtenidos para la cactácea columnar pitahaya (*Stenocereus thurberi*), los estadísticos resultantes fueron los siguientes (Fig. 18): El modelo obtenido por Bioclim tuvo un valor de AUC = 0.781, así como un valor de Kappa = 0.573. Mientras que, el modelo obtenido por MaxEnt, presentó un valor AUC = 0.905 y el estadístico de Kappa = 0.656.

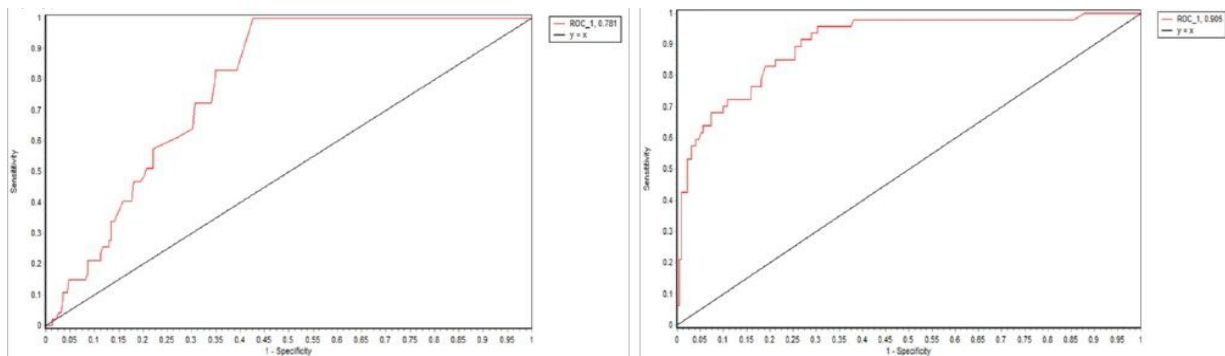


Figura 18. Gráficas de la curva ROC para pitahaya (*Stenocereus thurberi*). El gráfico de la izquierda representa el valor para el modelo obtenido por Bioclim, mientras que el gráfico de la derecha, el valor para el modelo obtenido por MaxEnt.

Por otra parte, los modelos obtenidos para sahuaro (*Carnegiea gigantea*), tuvieron los siguientes estadísticos (Fig. 19): El modelo obtenido por Bioclim tuvo un valor de AUC = 0.974, así como un valor de Kappa = 0.974. En tanto, el modelo obtenido por el algoritmo MaxEnt, presentó un valor AUC = 0.987 y el estadístico de Kappa = 0.921.

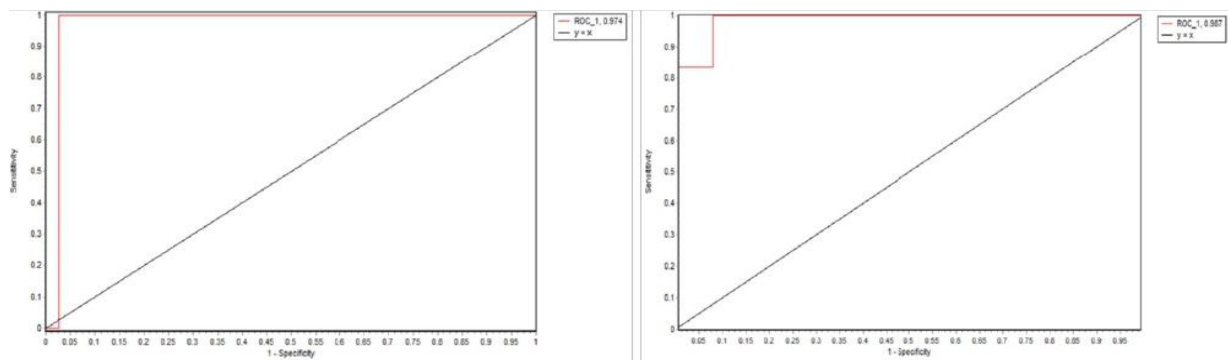


Figura 19. Gráficas de la curva ROC para sahuaro (*Carnegiea gigantea*). El gráfico de la izquierda representa el valor para el modelo obtenido por Bioclim, mientras que el gráfico de la derecha, el valor para el modelo obtenido por MaxEnt.

Los modelos obtenidos del murciélago *Leptonycteris yerbabuenae*, contaron con los siguientes estadísticos (Fig. 20): El modelo obtenido por Bioclim presentó un valor AUC = 0.774 y un valor de Kappa = 0.560. Mientras que, el modelo obtenido por MaxEnt, tuvo un valor AUC = 0.875, así como un valor de Kappa = 0.664.

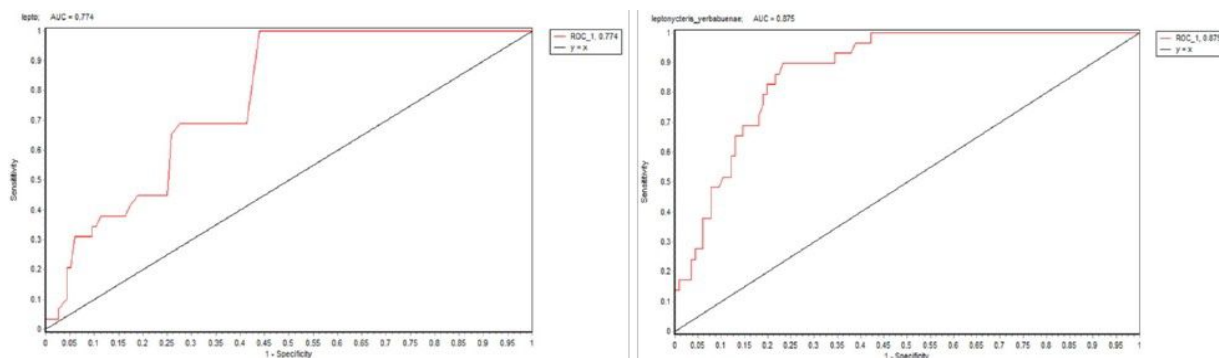


Figura 20. Gráficas de la curva ROC para *Leptonycteris yerbabuenae*. El gráfico de la izquierda representa el valor para el modelo obtenido por Bioclim, mientras que el gráfico de la derecha, el valor para el modelo obtenido por MaxEnt.

Por último, los modelos obtenidos para el murciélago nectarívoro *Choeronycteris mexicana*, tuvieron los siguientes estadísticos (Fig. 21): El modelo obtenido por Bioclim presentó un valor de $AUC = 0.820$, así como un valor de $Kappa = 0.526$. En tanto, el modelo obtenido por MaxEnt, tuvo un valor $AUC = 0.914$ y el estadístico de $Kappa = 0.759$.

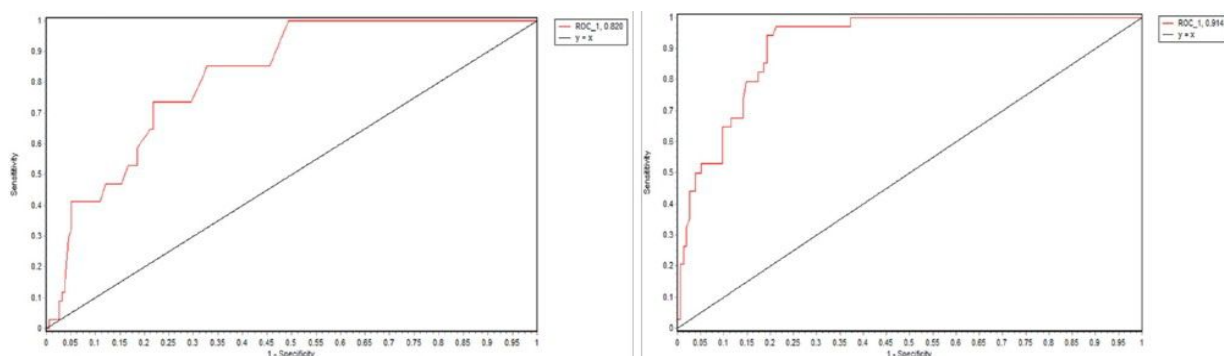


Figura 21. Gráficas de la curva ROC para el murciélago *Choeronycteris mexicana*. El gráfico de la izquierda representa el valor para el modelo obtenido por Bioclim, mientras que el gráfico de la derecha, el valor para el modelo obtenido por MaxEnt.

En resumen de los análisis en la evaluación de los modelos de nicho, se hizo un cuadro sintético (cuadro 7) con los resultados de cada una de las evaluaciones por algoritmo y por cada especie.

Cuadro 7. Resumen de la evaluación de los análisis de los modelos para cada especie.

Especies	Evaluación			
	Valor AUC		Índice Kappa	
	Bioclim	MaxEnt	Bioclim	MaxEnt
Cardón	0.901	0.967	0.735	0.888
Pitahaya	0.781	0.905	0.573	0.656
Sahuaro	0.974	0.987	0.974	0.921
<i>L. yerbabuena</i>	0.774	0.875	0.560	0.664
<i>C. mexicana</i>	0.820	0.914	0.526	0.759

Identificación de las variables que influyen en la presencia de los murciélagos nectarívoros.

El siguiente cuadro (cuadro 8), muestra las variables más influyentes en la construcción para cada uno de los modelos de nicho ecológico de las especies bajo estudio. Para el cardón (*P. pringlei*), la variable que más influyó fue la Bio17 con un porcentaje de 37.8 de contribución para la construcción del modelo, seguida de la variable Bio11 y Bio04. En lo que respecta para la pitahaya (*S. thurberi*) la variable que más influyó fue la Bio08 y Bio11 con 23.5 % y 23.3%, de contribución, respectivamente, para la construcción del modelo.

En cambio, la variable que más influyó para la construcción del modelo del sahuaro (*C. gigantea*) fue la Bio08 con 50.2%. Mientras que, para el murciélago *L. yerbabuenae*, la variable que más influyó fue la Bio11 con un porcentaje de contribución para la construcción del modelo de 37.8. Por último, para el murciélago *C. mexicana*, las variables que más influyeron, fueron las Bio19 y Bio04 con un porcentaje de contribución para la construcción del modelo de 18.5 y 18.2, respectivamente.

Para el caso de los modelos por temporada para cada murciélago nectarívoro, los porcentajes de contribución, en lo que respecta para la temporada 1 (marzo-mayo), la variable que más influyó fue la Bio07, con fue de 34.3 % de contibución al modelo de *L. yerbabuenae* y para el murciélago *C. mexicana*, fue la variable Bio04 con un porcentaje de contribución para el modelo de 56.7. En tanto, para la temporada 2 (junio-agosto), las variables que más influyeron fueron las Bio11 y Bio 7 para *L. yerbabuenae*, con un porcentaje de 29.8 y 28.2, respectivamente y la Bio04 para el murciélago *C. mexicana*, con un porcentaje de 22.7. Mientras que, para la temporada 3 (septiembre-noviembre), la variable que más influyó para la construcción del modelo del murciélago *L. yerbabuenae*, fue la bio09 con un porcentaje de contribución de 72.3 y, para *C. mexicana*, la variable que más influyo en la construcción del modelo fue la Bio02 con un porcentaje de 45. Por último, para la temporada 4 (diciembre-febrero), la variable que más influyó para la construcción del modelo, para *L. yerbabuenae*, fue la Bio01 con un porcentaje

de contribución de 61.6 y, para el murciélago *C. mexicana*, fue la variable Bio03 con un porcentaje de contribución para la construcción del modelo de 66.0.

Cuadro 8. Porcentajes de contribución para la construcción del modelo de cada una de las especies de cada variable incorporada al modelo. La variable que más influyó, para cada especie, se muestra en color gris. Para los murciélagos, M1 representa a *Leptonycteris yerbabuenae* y M2 a *Choeronycteris mexicana*. Mientras que, T, significa el nombre de la temporada (T1 = marzo-mayo, T2 = junio-agosto, T3 = septiembre-noviembre, T4 = diciembre-febrero).

Variables ambientales	Especies												
	Cardón	Pitahaya	Sahuaro	M1	M2	Murciélagos por temporada							
						M1T1	M1T2	M1T3	M1T4	M2T1	M2T2	M2T3	M2T4
Bio01	1.9	3.6	0.0	0.1	1.9	8.3	9.2	0.0	61.6	0.0	3.5	0.0	1.5
Bio02	2.0	3.8	0.4	2.8	12.3	1.6	0.6	0.0	2.6	0.0	1.2	45.0	0.0
Bio03	0.3	0.5	6.2	5.3	0.7	1.8	2.1	0.5	4.1	17.1	1.7	3.1	66.0
Bio04	12.9	1.0	0.2	3.5	18.2	3.7	3.3	0.0	0.0	56.7	22.7	8.6	0.0
Bio05	4.9	2.1	12.5	0.5	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	3.5	0.4	0.5
Bio06	2.1	14.7	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.6	4.1	0.0
Bio07	0.4	0.6	2.4	9.6	13.8	34.3	28.2	18.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
Bio08	4.7	23.5	50.2	2.6	6.1	18.9	0.7	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0
Bio09	1.7	4.4	1.8	16.0	8.5	0.0	6.5	72.3	0.8	0.0	7.9	0.6	6.8
Bio10	0.7	0.3	0.0	0.0	2.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bio11	18.5	23.3	2.0	37.8	3.6	15.5	29.8	0.0	8.2	10.4	1.1	2.4	17.2
Bio12	6.7	9.8	4.5	1.1	1.4	0.9	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0
Bio13	0.3	1.2	0.7	0.1	1.2	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	8.1	0.00	5.1
Bio14	0.1	0.1	2.8	0.1	0.1	2.6	0.7	0.6	0.0	1.8	3.3	0.2	0.8
Bio15	1.7	8.3	4.5	12.6	8.1	3.6	9.5	0.1	22.4	5.7	18.7	0.0	0.0
Bio16	1.0	0.6	13.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.5	0.0
Bio17	37.8	0.7	2.7	0.1	0.9	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.2	2.7	0.0
Bio18	1.0	0.8	0.4	5.3	2.2	3.8	1.8	0.0	0.0	0.0	2.6	24.4	0.0
Bio19	1.2	0.6	0.2	2.0	18.5	4.7	3.8	0.0	0.0	0.1	16.7	5.3	2.3

Suma de los resultados de los modelos.

De acuerdo al análisis de la evaluación de los modelos de nicho, se eligieron los modelos obtenidos por el algoritmo MaxEnt, para todas las especies a excepción de el sahuaro (*Carnegiea gigantea*), en el cual se seleccionó el modelo obtenido por el algoritmo Bioclim de acuerdo a los resultados obtenidos por la evaluación.

El mapa (fig. 22) donde se sumaron las áreas de mayor probabilidad de distribución y co-ocurrencia, muestra únicamente las áreas donde la probabilidad de ocurrencia, según el modelo y algoritmo, es mayor a 0.5, representándose las interacciones ecológicas que se indicaron el cuadro 3. En este mapa cada una de las interacciones, están representadas por un color, particularmente las interacciones de murciélagos con las cactáceas, representadas por los las tonalidades en azul, que muestran las áreas de interacción de *L. yerbabuenae* con al menos una de las cactáceas columnares, en naranja, que muestran las áreas de *C. mexicana* interactuando con al menos una cactácea y, en verde, ambos murciélagos nectarívoros, interactuando con al menos una cactácea columnar; áreas que se pueden considerar como las de mayor relevancia para la conservación.

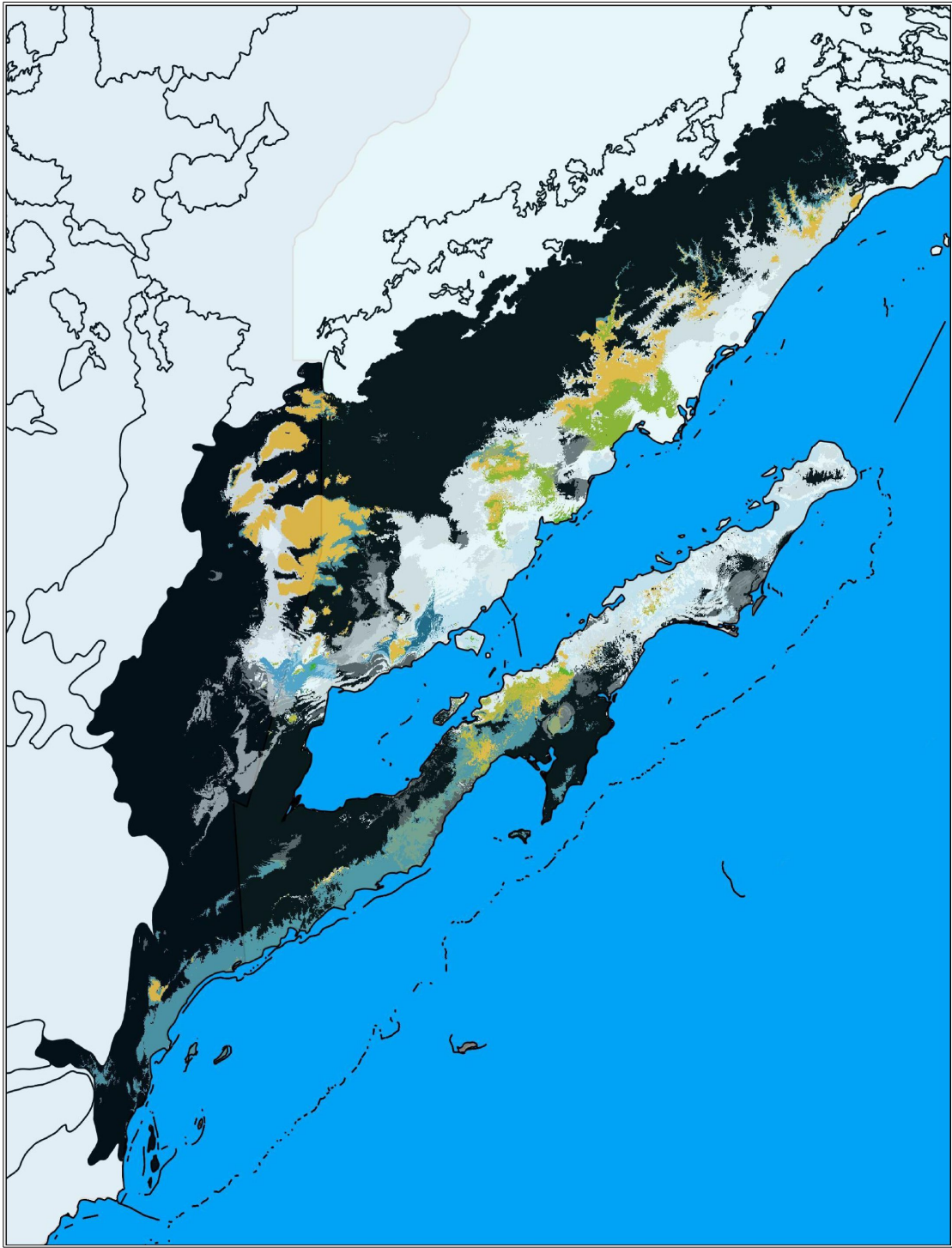


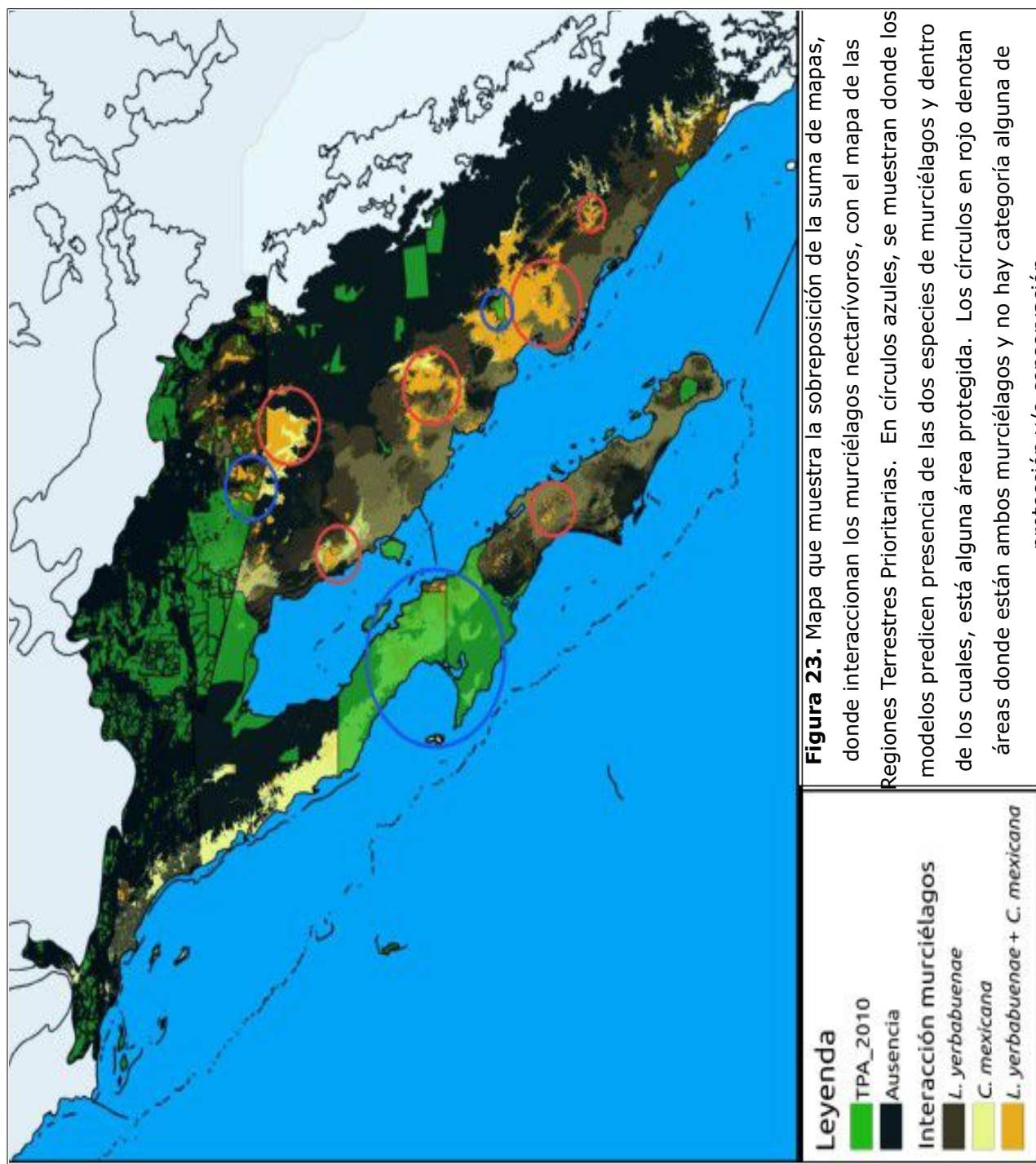
Figura 22. Mapa de interacciones de todas las especies bajo estudio; interacciones las cuales están indicadas en el cuadro 3.

Estado y vacíos de conservación de los murciélagos nectarívoros.

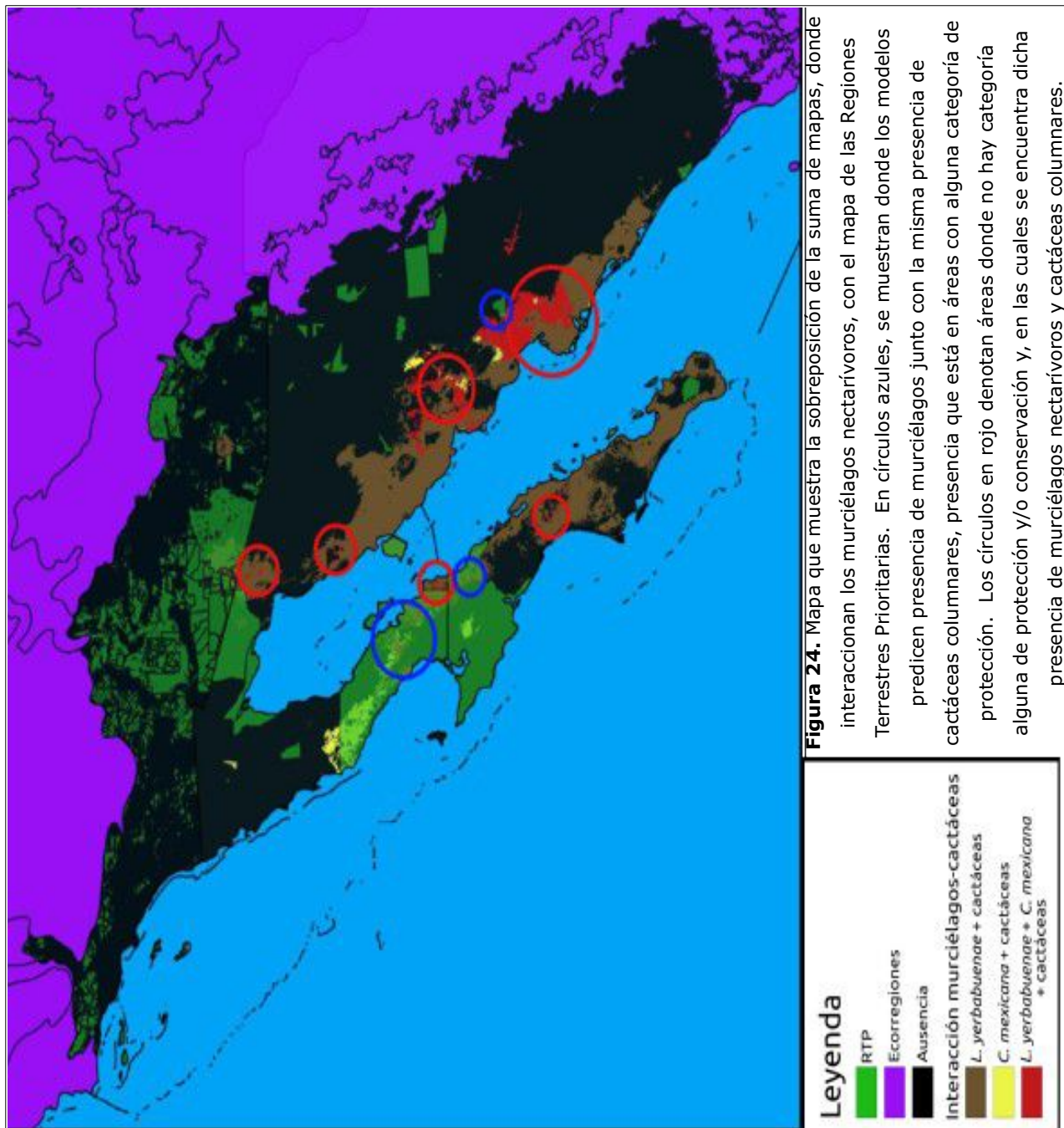
Al sobreponer el mapa de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP; Fig. 23) sobre las interacciones de los modelos de nicho, se observó que cerca del 34% (24, 199, 727 ha) del área de estudio se encuentra protegida bajo alguna categoría de conservación (en México: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Áreas de Protección de Flora y Fauna. En E. U. A: Monumentos Nacionales, Refugios Nacionales de Vida Silvestre). Sin embargo, existen áreas de distribución de los murciélagos y no hay área alguna que pudiera ayudar a su conservación. Por ejemplo, la Reserva de la biosfera el Vizcaíno y el Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios, son dos áreas que cubren gran parte del área de estudio, pero prácticamente en toda la vertiente del Pacífico desde el sur de Sinaloa, hasta el noroeste de Sonora (áreas comprendidas en las subregiones de los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia, la Planicie costera sinaloense con selva espinosa, además del Desierto Sonorense), así como del estado de Baja California Sur (dentro del cual están las subregiones de la Planicie y lomeríos de Los Cabos con selva caducifolia y matorral xerófilo y la parte sur del Desierto de Baja California), no hay área que tenga alguna categoría de conservación para la protección de los murciélagos nectarívoros dentro de esta zona.

Así, al sobreponer el mapa de las RTP sobre el de suma de mapas donde se muestran sólo las sumas de los mapas de ambos murciélagos nectarívoros

(Fig. 23), se observa cómo las áreas mencionadas de la vertiente del Pacífico, son áreas donde no hay alguna política o estrategia de conservación, así como además la parte norte del estado de Baja California y la parte sur del estado de California (estados donde se encuentran las subregiones de Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano y la de Bosques de pino y encino de las montañas de Baja California y sur de California).



Por último, al sobreponer el mapa de las RTP sobre el de suma de mapas donde se muestran la suma de mapas de la interacción de los murciélagos nectarívoros con las cactáceas columnares (Fig. 24), se observan los mismos vacíos que cuando están sólo los murciélagos nectarívoros, a excepción del sureste del estado de Arizona (área dentro de la subregión del Desierto Sonorense) donde se encuentra las RTP, Monumento Nacional Organ Pipe Cactus, Reserva Tohono, el Rancho Barry Goldwater, el Refugio nacional de vida silvestre Buenos Aires, el Refugio Nacional de Vida Silvestre Cabeza Prieta, además del noroeste de Sonora (área también correspondiente a la subregión del Desierto Sonorense) donde se encuentra la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar.



DISCUSIÓN

La identificación de los patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos, mediante la ayuda de técnicas de modelado de nicho ecológico, tiene una relevancia dentro de las ciencias biológicas y ambientales como una herramienta útil para analizar y evaluar dichos patrones; los resultados de estos análisis pueden ayudar en la conservación de la biodiversidad (Loiselle *et al.* 2003, Whitakker *et al.* 2005, Wilson *et al.* 2005, Richardson & Whitakker 2010). Para el caso de este estudio, el modelado de los nichos ecológicos, contribuyó a explorar la distribución de los murciélagos nectarívoros a lo largo de la región noroeste de México, región con pocos estudios para este grupo de mamíferos. Los resultados de esta exploración pueden ser utilizados con fines de conservación, mediante la selección de mejores áreas que permitan su conservación.

Base de datos y registros de las especies.

El número de registros pudo haber sido mayor, sin embargo, CONABIO y ManisNet tenían en actualización las fuentes de sus bases de datos de, al menos, los registros de las especies consultadas para este estudio. Aunque, considerando que para la validación estadística de los modelos de nicho ecológico, un número de entre 10 – 15 registros de presencia, es suficiente (Stockwell & Peterson 2002, Hernández *et al.* 2006, Papes *et al.* 2007, Pearson

et al. 2007, Wisz *et al.* 2008, Mateo *et al.* 2010), los registros recopilados de las distintas fuentes consultadas (GBIF, CONABIO, NatureServe, ManisNet y CVUABC), fueron apropiados para llevar a cabo la modelación de nichos; incluso para el sahuaro (*Carnegiea giganteae*) que fue la especie con menos registros (20) de presencia utilizadas para este estudio.

Otro problema inherente a la base de datos, tuvo que ver con localidades inexactas o la asignación incorrecta de coordenadas geográficas. Sin embargo, a pesar de las dificultades en las bases de datos, fue posible hacer los modelos de nicho para cada una de las especies bajo estudio, puesto que se modificaron o se eliminaron dichos registros de acuerdo a la metodología llevada a cabo. De esta manera, aunque los registros no fueron tomados para la incorporación a modelos en este trabajo, se adaptaron y adecuaron para poderse incorporar al objetivo de nuestro estudio.

Modelación de nichos.

Los modelos de nicho generados por los algoritmos Bioclim y MaxEnt mostraron diferencias en los resultados obtenidos para cada una de las especies, así como en su caso, por temporada, para los murciélagos nectarívoros. Por lo cual, para poder obtener una mejor predicción en la distribución de la especie en cuestión (Fielding & Bell 1997, Manel *et al.* 2001, Marmion *et al.* 2009), se determinó que los mejores modelos fueron aquéllos

que tuvieron el mejor valor en el resultado del estadístico del índice de Kappa y valor de la AUC.

Cactáceas columnares. A excepción, del sahuaro (*Carnegiea gigantea*), el mejor modelo para las cactáceas columnares, fue el obtenido por el algoritmo MaxEnt; mientras que, para el sahuaro, el mejor modelo fue el obtenido por el algoritmo Bioclim; resultado que se discutirá más adelante.

El modelo de nicho ecológico obtenido para el cardón (*Pachycereus pringlei*), muestra una similitud al mapa del atlas obtenido por Turner *et al.* (1995, modificado de Medel-Narvaez *et al.* 2006; fig. 25). Particularmente, Medel-Narvaez *et al.* (2006) atribuyen la abundancia del cardón, en lo que respecta a las poblaciones en la Península de Baja California, al régimen de lluvias anual y temporal, no así a las poblaciones fuera de la península; en tanto que en el modelo obtenido del presente estudio, la variable ambiental que influyó en su distribución, fue el factor precipitación en la temporada más seca del año. Lo cual pareciera indicar que la precipitación influye en gran medida en la distribución y abundancia de esta especie. Por otro lado, el modelo de nicho obtenido en el presente estudio, aunque no tiene verificación de datos en campo, se ajusta con el estudio de Turner el cual fue un estudio de campo.

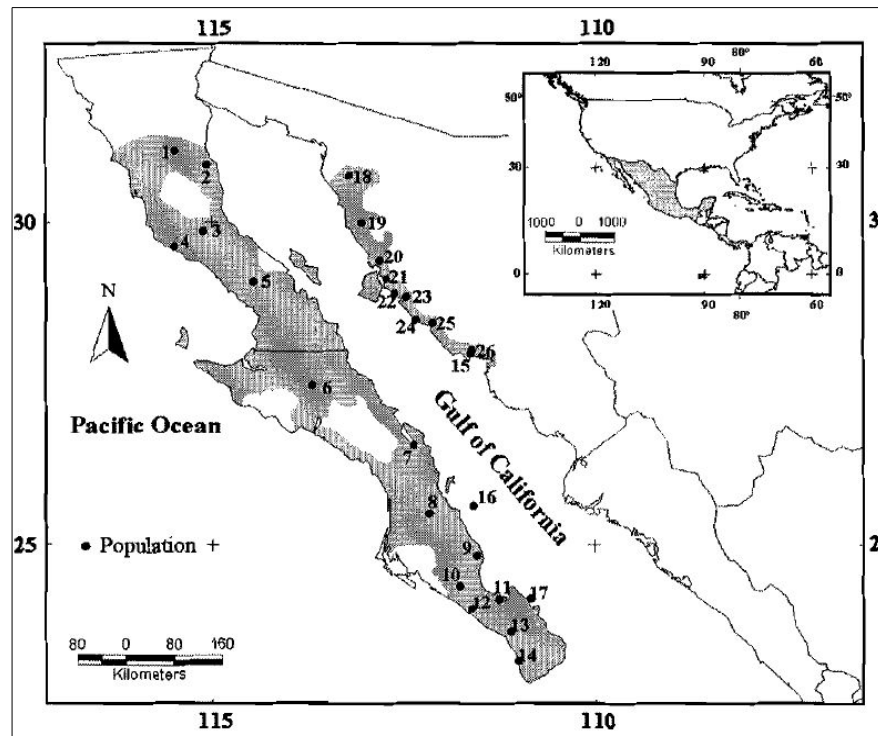


Figura 25. Mapa del atlas de *Pachycereus pringlei* obtenido por Turner *et al.* (1995), modificado de Medel-Narvaez *et al.* (2006).

En lo que respecta al modelo de nicho obtenido para la pitahaya (*Stenocereus thurberi*) y en comparación con el mapa del atlas obtenido por Turner *et al.* (1995, modificado de Bustamante *et al.* 2006; fig. 26), la única similitud es en la parte del Desierto Sonorense que muestran áreas similares en su distribución. Sin embargo, en el modelo obtenido, para la parte de la Península de Baja California, el estudio de Turner muestra sólo algunas pequeñas poblaciones aisladas en el Valle de los Cirios y en la región Vizcaíno; mientras que, en el modelo obtenido en el presente estudio, muestra algunas

áreas pertenecientes al Valle de los Cirios, además de prácticamente todo el área perteneciente al estado de Baja California Sur. Para estas últimas áreas, se podrían hacer estudios en campo que permitan el ajuste del modelo.

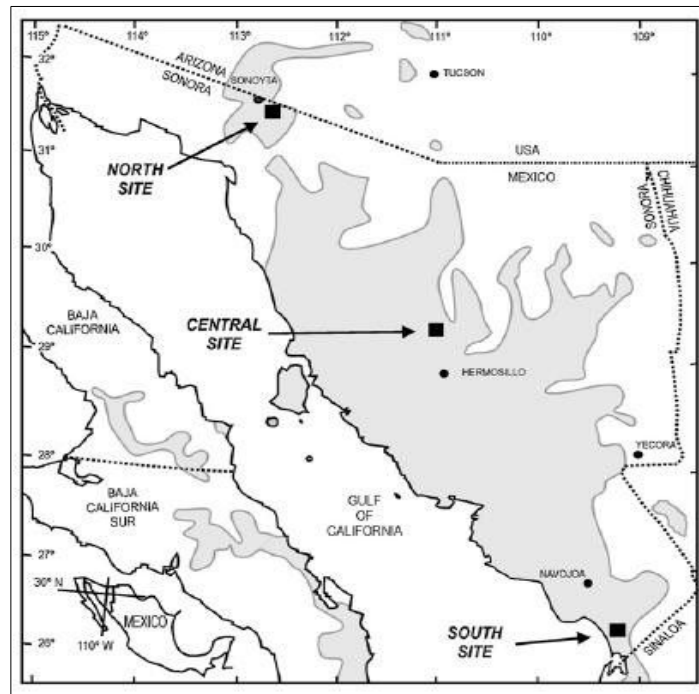


Figura 26. Mapa del atlas de *Stenocereus thurberi* obtenido por Turner *et al.* (1995), modificado de Bustamante *et al.* (2006).

El modelo de nicho obtenido para el sahuaro (*Carnegiea gigantea*), muestra cierta similitud al atlas obtenido por Turner *et al.* (1995, modificado de Pierson *et al.* 2013; figura 27). Pierson *et al.* (2006) no encuentran correlación alguna entre la densidad poblacional del sahuaro con alguna variable ambiental; ellos lo atribuyen a otras variables como tipo de suelo o terrenos

con cierta pendiente; para el caso del presente estudio, la variable ambiental a la cual se atribuye, es la temperatura. Es posible que las diferencias en el comparativo del estudio de Pierson *et al.* (2006) con nuestro trabajo, se deban a la escala, dado que la escala del presente estudio, no se pueden ver a mayor detalle, variables como las usadas por los anteriores autores.

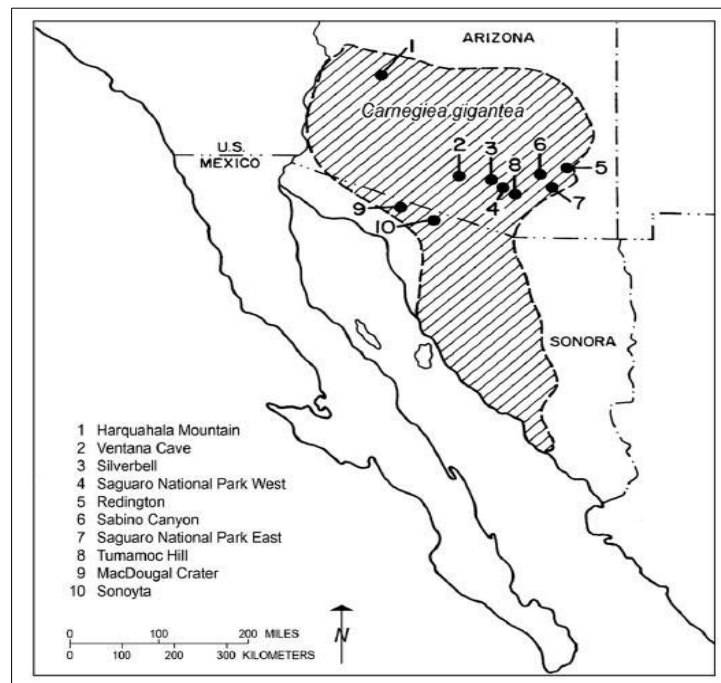


Figura 27. Mapa del atlas de *Carnegiea gigantea* obtenido por Turner *et al.* (1995), modificado de Pierson *et al.* (2006).

Murciélagos nectarívoros. Para el caso de los modelos de nicho para ambos murciélagos nectarívoros, los mejores modelos, fueron aquéllos obtenidos por el algoritmo de MaxEnt.

El modelo de nicho obtenido para el murciélago nectarívoro *Leptonycteris yerbabuenae*, en comparación con el estudio sintético elaborado por Cole (2006) donde muestra la distribución de este murciélago (fig. 28) de la recopilación de varios trabajos, sólo consideran, para el estado de Baja California, registros en la parte sureste. Mientras que, en el modelo obtenido en el presente estudio, se incorporan registros actualizados para esta especie, particularmente para la región noroeste de México. Por lo cual, este trabajo representa datos más actualizados para la distribución de esta especie.

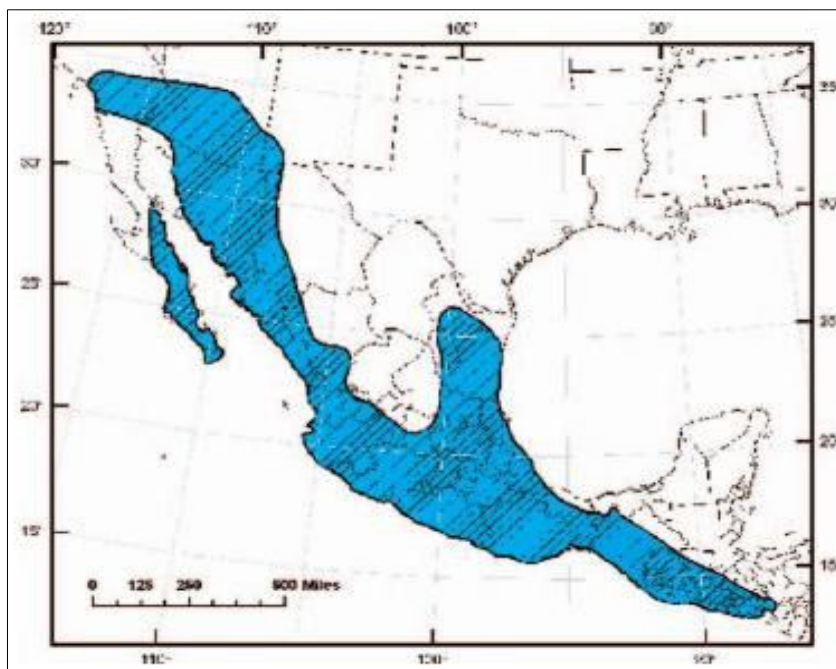


Figura 28. Mapa de la distribución del murciélago nectarívoro *Leptonycteris yerbabuenae* obtenido por Cole (2006).

Para el caso del modelo de nicho obtenido para el murciélago nectarívoro *Choeronycteris mexicana*, éste no muestra similitud al trabajo sintético elaborado por Arroyo-Cabrales *et al.* (1987) donde muestran la distribución de este murciélago (fig. 29), ya que sus resultados muestran una distribución para toda el área de estudio de la región noroeste de México. Sin embargo, en el presente estudio, posiblemente por la escala del trabajo, se notan áreas en las cuales podría no estar presente la especie, robusteciendo con estos resultados, los elementos para la toma de decisiones a nivel local.

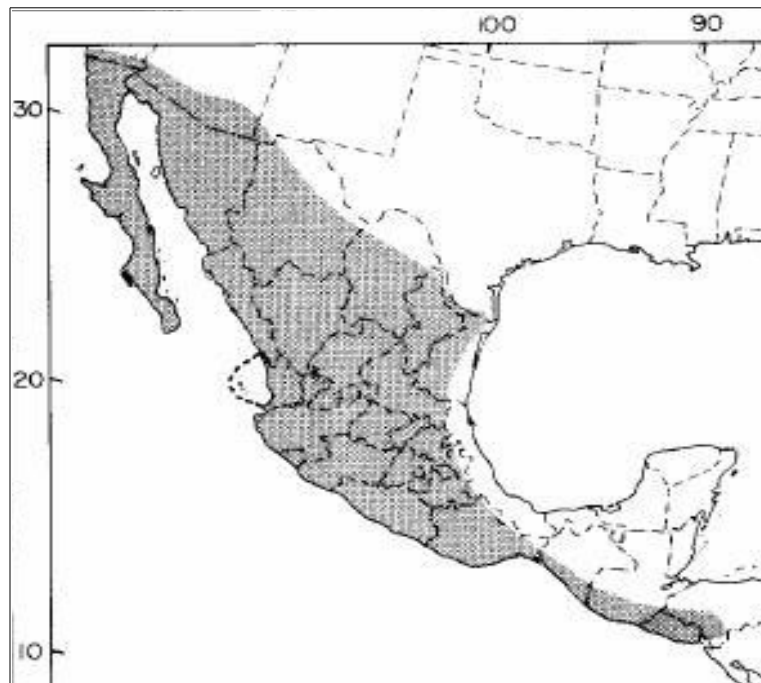


Figura 29. Mapa de la distribución del murciélago nectarívoro *Choeronycteris mexicana* obtenido por Arroyo-Cabrales *et al.* (1987).

Evaluación de los modelos de nicho.

Los modelos de nichos ecológicos, obtenidos por medio de los algoritmos Bioclim y MaxEnt, mostraron diferencias en cuanto a la precisión de sus predicciones. Esta diferencia en los resultados entre uno y otro modelo resulta, en cierta manera lógica debido a la manera de trabajar del algoritmo en concreto. El haber trabajado con más de un algoritmo tuvo un significado positivo para este estudio, dado que un sólo método (algoritmo) en concreto no es el mejor para todas las situaciones (Segurado & Araújo 2004, Johnson & Gillingham 2005), por lo cual se recomienda trabajar aplicando diferentes métodos (Hirzel & Lay 2008). De los varios estadísticos que se usan para evaluar la calidad de los modelos, para el presente estudio se utilizaron dos de los estadísticos más empleados en la bibliografía: el índice del área bajo la curva de la función ROC e índice Kappa de Cohen (Manel *et al.* 2001, Johnson & Gillingham 2005, Elith *et al.* 2006, Marmion *et al.* 2009).

De esta manera, se tuvo al menos un modelo de nicho favorable para cada una de las especies estudiadas en este trabajo; situación que no hubiera sucedido si sólo se hubiese usado un sólo algoritmo. El algoritmo que mejor desempeño tuvo en la evaluación, fue MaxEnt; sin embargo en uno de los casos (modelo de nicho de sahuaro), Bioclim mostró un mejor desempeño en su evaluación estadística. Una de las posibles razones por las cuales el modelo obtenido por MaxEnt no haya tenido una buena evaluación estadística para esta especie, es por el número de registros que alimentaron al modelo y del cual se

tiene evidencia que MaxEnt tiende a sobreestimar su predicción cuando se tienen pocos registros de determinada especie (Elith *et al.* 2006, Pearson *et al.* 2006, Peterson *et al.* 2007).

De manera general, cualquier modelo de nicho de especies dado que es una predicción del área o lugar donde se encuentra determinada especie, está limitado puesto que no se conoce con certeza la distribución real de las especies. Es, por tanto, que sólo es posible evaluar el desempeño del modelo y no necesariamente el nivel de representación del modelo mismo. Además, la calidad de los datos, en términos de precisión y representatividad, es también un factor relevante al trabajar con este tipo de herramientas predictivas, ya que de ello depende, en buena medida, la aproximación de la predicción de especies a la realidad (Anderson *et al.* 2003). Por otro lado, el conocimiento en campo permite poder validar y ajustar los modelos de nicho, sin embargo este método de validación puede llegar a ser costosa y difícil de conducir apropiadamente (Csuti & Crist 2000). Para este estudio, los registros fueron suficientes para representar su área de distribución y generar modelos relativamente confiables (Hirzel *et al.* 2001, Stockwell & Peterson 2002, Hernández *et al.* 2006) y muy similares a los mapas de distribución propuestos en los trabajos de Arroyo-Cabrales *et al.* (1987), Turner *et al.* (1995), Bustamante *et al.* (2006), Cole (2006), Medel-Narvaez *et al.* (2006), Pierson *et al.* (2006).

Murciélagos por temporadas. Se observó que, tanto para *Choeronycteris mexicana*, como para *Leptonycteris yerbabuenae*, el modelo generado para Junio-Agosto, mostró ser muy similar al modelo general, el cual incluía todos los registros. En parte esto se debió, debido a que en esa temporada es donde, de acuerdo a los registros, los murciélagos se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la vertiente del Pacífico. Esto cabe resaltar, dado que, en general, algunas especies se encuentran en constante movimiento y no se mantienen fijas a lo largo del año; algunas de ellas realizan movimientos diarios entre sus sitios de descanso (sitios percha) y las áreas donde forrajean, mientras que otras realizan movimientos estacionales o migratorios, movimientos que realizan de manera cíclica desde regiones templadas durante el verano hasta regiones tropicales durante el invierno (Ceballos 1995, Joseph & Stockwell 2000, Chávez & Ceballos 2001, Stoner 2002, López 2004, Nakazawa *et al.* 2004).

Los modelos de nicho para ambos murciélagos nectarívoros muestran patrones migratorios a través de las temporadas, que se notan al inicio de la migración (marzo-agosto) con distribución para casi toda la zona de estudio hasta llegar a la última temporada (diciembre-febrero), en la cual se observan áreas aisladas de predicción sólo sureñas y ninguna área norteña para alguno de los murciélagos nectarívoros. Las variables ambientales encontradas en el presente trabajo que determinan la distribución de los murciélagos nectarívoros fue la temperatura promedio anual (Bio01) y la isothermalidad (Bio03); la

respuesta de ambas especies a estas variables se deba probablemente a la variación de la temperatura a lo largo del día en esta temporada invernal, aunque, aunado a esto, también se involucre la disponibilidad de alimento. Diversos estudios (Cockrum 1991, Fleming *et al.* 1993, Valiente-Banuet *et al.* 1996, Rojas-Martínez *et al.* 1999, Fleming & Nassar 2000, Fleming 2000, Stoner *et al.* 2002, Stoner *et al.* 2003, Peñalba *et al.* 2006) han mostrado un movimiento latitudinal cíclico de las poblaciones de estos mamíferos, movimiento que ha sido relacionado con la disponibilidad de alimento, por lo cual viajan largas distancias. Para este estudio en particular, se observó el mismo patrón de migración, el cual, de acuerdo a los autores anteriores, puede representar un movimiento que sigue un patrón de floración de las especies quiropterofílicas (Faegri & van der Pijl 1966). Dicho patrón de floración corresponde con las tres cactáceas columnares estudiadas en este trabajo (Arroyo-Cabrales *et al.* 1987, Fleming *et al.* 1993, Fleming *et al.* 1996, Fleming 2000, Peñalba *et al.* 2006).

Integración de modelos de nicho ecológico. Al sumar los modelos de nicho e integrarlos, se pudieron definir áreas en las cuales se traslapan las especies. Este traslape, aunado al mapa de las Regiones Terrestres Prioritarias (CEC 2010), ayudó a identificar áreas que no tienen ninguna política de protección y/o preservación para los murciélagos nectarívoros. Por otro lado, Myers *et al.* (2000) consideran que Mesoamérica y la provincia florística de California son

dos de los 25 “hotspots” más importantes del mundo. Los “hotspots” en su concepción original, son áreas que ofrecen concentraciones importantes de riqueza, endemismo y una pérdida excepcional del hábitat. Parte de estos dos “hotspots” están incluídas en este estudio; una parte es abordada por la región del Pacífico, correspondiente al “hotspot” de Mesoamérica y la otra parte, la integra la porción sur de la provincia florística de California.

Sin embargo, aunque hay áreas -en E. U. A: Monumento Nacional Organ Pipe Cactus, Reserva Tohono, el Rancho Barry Goldwater, el Refugio nacional de vida silvestre Buenos Aires, el Refugio Nacional de Vida Silvestre Cabeza Prieta; en México: Reserva de la biosfera el Vizcaíno y el Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar- que se encuentran legalmente protegidas, en este trabajo se pudieron observar zonas que enfrentan cierto riesgo (*i. e.*, pérdida de hábitat), dada la carencia de protección y/o conservación.

Si consideramos que uno de los principales criterios empleados para elegir áreas de conservación es la presencia de especies bajo alguna categoría de conservación (Arita *et al.* 1997, Scott *et al.* 1999, Urquiza-Haas *et al.* 2011). En este trabajo se han delimitado a través de los modelos de nicho ecológico, áreas que tienen potencial para su conservación, y donde se pueden distribuir alguno de los murciélagos nectarívoros, alguna de las cactáceas columnares o la combinación de sus interacciones. Estas especies están incluídas dentro de la categoría de riesgo, tanto a nivel nacional, como internacional

(Arroyo-Cabrales & Pérez 2008, Arroyo-Cabrales *et al.* 2008, SEMARNAT 2010).

Por lo tanto, estas zonas carentes de alguna estrategia de conservación, pueden ser áreas prioritarias, ya que ahí se podría estar perdiendo hábitat o zonas de alimentación o refugio que podrían poner en riesgo la prestación de servicios ambientales brindada por la interacción planta-murciélago. Por lo cual, dichas áreas podrían contribuir a la conservación de las poblaciones tanto de animales, como de plantas.

Los modelos de nicho ecológico representan información que sintetiza relaciones entre las especies y las variables ambientales que serían difíciles de interpretar o incluso de apreciar por otros medios. La capacidad de construir modelos más realistas está limitada por la comprensión que se tenga de los sistemas ecológicos, así como por los datos disponibles que a veces son insuficientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la información recopilada de las especies de murciélagos nectarívoros y de las cactáceas columnares en las bases consultadas, se logró llevar a cabo la modelación de nicho ecológico de cada una de las especies estudiadas.

Los modelos de nicho obtenidos en este estudio, aunque no se validaron en campo, se ajustaron total o parcialmente con los trabajos de Arroyo-Cabrales *et al.* 1987, Turner *et al.* 1995, Bustamante *et al.* 2006, Cole 2006, Medel *et al.* 2006 y de Pierson *et al.* 2006; los cuales se realizaron obteniendo información de campo.

Con este estudio, al involucrar la interacción biológica y no sólo el uso de las variables ambientales, representa una aproximación más real de la distribución de especies.

Se lograron identificar aquéllas variables ambientales que influyen en la distribución de las especies y que quedaron representados en cada uno de los modelos de nicho ecológico desarrollados.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, ayudaron a identificar áreas, como el Desierto Sonorense y la Planicie costera sinaloense, las cuales son dos de las principales áreas identificadas como importantes para la conservación de los murciélagos nectarívoros *Leptonycteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana* para la región noroeste de México; áreas que fueron identificadas mediante el uso y análisis de los modelos de nicho ecológico.

Los resultados obtenidos en este estudio buscan contribuir y aportar información para la toma de decisiones en las áreas identificadas con mayor importancia y consideradas como estratégicas para la conservación de las especies en estudio.

De acuerdo a los resultados y discusión antes mencionados, se propone el manejo de las áreas en las cuales concurren ambos murciélagos nectarívoros, junto con al menos una cactácea columnar; dichas áreas no se encuentran bajo categoría alguna de conservación y/o protección. La conservación de estas áreas, ayudaría a mantener las poblaciones tanto de murciélagos como de cactáceas, sobre las cuales, estos mamíferos se alimentan. Así mismo, se recomienda un monitoreo constante en estas áreas tanto a corto, como a largo plazo para saber el estado poblacional de estas especies. De esta manera, durante la migración de los murciélagos nectarívoros, estas áreas se podrían conectar con las áreas ya establecidas bajo alguna norma de protección y/o conservación, ayudando a que dichos mamíferos pudieran encontrar alimento durante su movimiento migratorio.

Por otro lado, para lograr la conservación efectiva de la región noroeste, se requiere de la participación activa y conjunta de actores públicos y privados, tanto de instancias mexicanas como de los Estados Unidos de América. Dicha participación se podría hacer a una escala más local, dado que no se conoce los lugares donde los murciélagos nectarívoros pueden estar descansando (perchando) durante su recorrido migratorio.

Es necesario mejorar los datos disponibles en cuanto a inventarios y recolecta de registros de especies en la región noroeste del país, región poco estudiada en términos de quiropteroфаuna.

Es necesario que se realicen estudios que complementen la información aquí obtenida, los cuales junto con estos resultados, pueden ser muy útiles en la toma de decisiones y permitirían plantear estrategias de manejo más adecuadas para lograr y mantener la conservación de los murciélagos nectarívoros, así como de las plantas sobre las cuales se alimentan y sobre las cuales se distribuyen.

Ante la situación de pérdida de biodiversidad existente actualmente en el mundo, es necesario el uso de los datos que se encuentran a la mano, pero con la consideración de sus posibles limitaciones, sesgos y/o potencialidades; lo anterior, con el fin de brindar información científica a la menor brevedad para fines de protección y/o conservación.

Sin embargo, para lograr lo anterior, también es necesario que haya calidad en los datos de colecta (georreferenciación correcta) y el uso de este tipo de herramientas, de modelos de nicho ecológico, los cuales, podrían maximizar, de una mejor manera su utilidad y, así reducir sus limitaciones; de esta manera, los datos de colecta científica, pueden cumplir su objetivo y además coadyuvar en estudios con otros objetivos.

Para hacer estudios que involucren el modelado de nicho ecológico, es importante realizarlo con más de un sólo método (algoritmo). De esta manera, se podría elegir el más adecuado, dado que cada método arroja resultados, a veces, muy diferentes, dependiendo de la especie bajo estudio y del número de registros que se tengan.

Es también importante que en la modelación de nicho ecológico, se considere la variable de tiempo, por ejemplo la fecha de colecta del registro que se utiliza así se pueden explorar eventos importantes en la biología y ecología de las especies en estudio, como la migración, la hibernación o alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

- Altringham, J. D. 1996. Bats: Biology and behaviour. Oxford University Press. Oxford, UK. 262 pp.
- Alcorn, S. M., McGregor, S. E. & S. E. Olin. 1961. Pollination of Saguaro cactus by doves, nectar feeding bats and honey bees. *Science* 133: 1594-1595.
- Álvarez, T. & L. González. 1969. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México. *An. Esc. Nac. Cien. Biol. México*, 18: 137-165.
- Anderson, R. P., D. Lew, & A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selection optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232.
- Araújo, M. B. & P. H. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation* 96: 331-345.
- Araújo M.B., Pearson R.G., Thuiller W, Erhard M. (2005). Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1504-1513.
- Arita, H. T. 1991. Spatial segregation in long-nosed bats, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae*, in Mexico. *Journal of Mammalogy* 72:706-714.
- Arita, H. T. & K. Santos del Prado. 1999. Conservation biology of nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy* 80(1): 31-41.
- Arita, H. T. & S. R. Humphrey. 1988. Revisión taxonómica de los murciélagos magueyeros del género *Leptonycteris* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Zoológica Mexicana* 29: 1-60.
- Arita, H., F. Figueroa, A. Frish, P. Rodríguez & K. Santos Del Prado. 1997. Geographical range size and the conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology* 11: 92-100.
- Arizmendi, M., del C., A. Valiente-Banuet, A. Rojas-Martínez, and P. Dávila-Aranda. 2002. Columnar cacti and the diets of nectar feeding bats. Pp. 264-282. In: Columnar cacti and their mutualists: Evolution, ecology, and conservation. (T. H. Fleming and A. Valiente-Banuet eds.). The University of Arizona Press, 371 pp.
- Arroyo-Cabrales, J. & Perez, S. 2008. *Choeronycteris mexicana*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.
- Arroyo-Cabrales, J., R. R. Hollander and J. K. Jones Jr. 1987. *Choeronycteris mexicana*. *Mammalian species* 291: 1-5.

- Arroyo-Cabrales, J., Miller, B., Reid, F., Cuarón, A. D. & de Grammont, P. C. 2008. *Leptonycteris yerbabuenae*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.
- Baker, R. 1981. The Mystery of Migration. The Viking Press- New York. 256 pp.
- Barba-Montoya, J. A. 2012. Diversificación de Pachycereeae (Cactaceae, Caryophyllales, Eudicotyledoneae) en relación al síndrome de polinización. Tesis de Maestría. UNAM. D.F. México.
- Benito de Pando, B. & J. Peñas de Giles. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus* 7: 100-119.
- Brotons, L., W. Thuiller, M. B. Araújo and A. H. Hirzel. 2004. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography* 27: 437-448.
- Busby, J. R. 1986. Bioclimate prediction system (BIOCLIM). User's manual version 2.0. Australian Biological Resources, Study Leaflet, Canberra, Australia.
- Busby, J. R. 1991. BIOCLIM: A bioclimate analysis and prediction system. Pp. 64-68. In: Nature conservation: Cost effective biological surveys and data analysis. (Margules, C. R. & M. P. Austin eds.). CSIRO, Melbourne, Australia. 207 pp.
- Bustamante, E., A. Casas & A. Búrquez. Geographic variation in reproductive success of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae): Effects of pollination timing and pollinator guild. *American Journal of Botany* 97(12): 2020-2030.
- Butanda-Cervera, A., C. Vázquez-Yañes y L. Trejo. 1978. La polinización quiropterofílica: una revisión bibliográfica. *Biotica* 3: 29-35.
- Carpenter, G., A. N. Gillson, & J. Winter. 1993. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- Carstens, B., B. Lundrigan, & P. Myers. 2002. A phylogeny of the neotropical nectar-feeding bats (Chiroptera: Phyllostomidae) based on morphological and molecular data. *Journal of Mammalian Evolution* 9: 23-53.
- CCA. 1997. Regiones ecológicas de América del Norte. Hacia una perspectiva común. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Quebec, Canadá. 63 pp.
- Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology, and conservation in neotropical dry forest. Pp. 195-220. In: Seasonally dry tropical forest (S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina Eds). Cambridge University Press. New York, USA.
- CEC. 2010. North American Environmental Atlas-Terrestrial Protected Areas of

- North America 2010. Scale 1:10,000,000 Vector digital data. Department of Forestry and Natural Resources, Clemson University for the Commission for Environmental Cooperation in Agreement with CONANP-Mexico, CARTS-Canada, Quebec-MDDEP & USGS. Montreal, Québec, Canada (On line <http://www.cec.org/naatlas>)
- Chapman, A. 2005. Uses of primary species occurrence data, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen, Denmark. 58 p.p
- Chapman, A. D. and J. Wieczorek (eds). 2006. Guide to Best Practices for Georeferencing. Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen, Denmark. 80 pp.
- Chávez, C. y G. Ceballos. 2001. Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas de estacionalidad contrastante en el oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 5: 27-44.
- Check, E. 2004. Five-year grant gets bird database off to a flying start. *Nature* 431:7.
- Cockrum, E. L. 1991. Seasonal distribution of northwestern populations of the nosed bats, family Phyllostomidae. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología* 62: 181-202.
- Cole, F. R. & D. E. Wilson. 2006. *Leptonycteris yerbabuenae*. *Mammalian species* 797: 1-7.
- Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega & C. A. Ríos-Chávez. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 421-433.
- Couoh-de la Garza, R., E. Flores-Rojas, N. Briones-Escobedo, E. Hernández-del Ángel, R. Martínez-Gallardo & J. C. Leyva-Aguilera. 2006. Current records of the mexican long-tongued bat, *Choeronycteris mexicana*, in Baja California, Mexico. *Western North American Naturalist* 66(2): 265-267.
- Csuti, B. and Crist, P. 1998b. Methods for assessing accuracy of animal distribution maps. In: A handbook for conducting gap analysis. <http://www.gap.uidaho.edu/gap/handbook/VDA/Index.htm>. U.S. Geological Survey, National Gap Analysis Program, Moscow, ID.
- Datzmann, T., O., von Helvesen & F. Mayer 2010. Evolution of nectarivory in phyllostomid bats (Phyllostomidae Gray, 1825, Chiroptera: Mammalia). *BMC Evolutionary Biology* 10:165.
- Dobat, K. & T. Peikert-Holle. 1985. Blüten und fledermäuse: Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie). Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main, Germany. 370 pp.

- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J. & Leathwick, J. 2007. Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and Distributions* 13: 265-275.
- Escalante, E. T., D. Espinosa O., J. J. Morrone y J. Llorente. 2003. De las bases de datos a los atlas biogeográficos. *Ciencia*, 54 (2): 71-76.
- Ezcurra, E., E. Peters, A. Búrquez, y E. Mellink. 2002. Los desiertos de Sonora y Baja California. Pp. 315-333. En: Áreas silvestres. Las últimas áreas vírgenes del mundo. (R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, P. Robles-Gil, J. Pilgrim, G. A. B. da Fonseca, T. Brooks, and W. R. Konstant eds.). CEMEX (Monterrey), Conservation Internacional (Washington, D. C.) and Agrupación Sierra Madre (México, D. F.).
- Faegri, K. & L. van der Pijl. 1966. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford, USA. 248 pp.
- Fenton, M. B. 1983. Roosts used by the African bat, *Scotophilus leucogaster* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Biotropica* 15: 129-132.
- Fenton, M. B. 1997. Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy* 78: 1-14.
- Fielding, A. H. & J. F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24(1): 38-49.
- Ferrier, S., G. Watson, J. Pearce & M. Drielsma. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species – level modelling. *Biodiversity and conservation* 11: 2275-2307.
- Fleming, T. H. 1995. Plant-visiting bats. *American Scientist*. 81: 460-467.
- Fleming, T. H. 2000. Pollination of Cacti in the Sonoran Desert. *American Scientist*, 88: 432-439.
- Fleming, T. H. and J. Nassar. 2000. Population biology of the lesser long-nosed bat *Leptonycteris curasoae* in Mexico and northern South America. Pp. 283-305. In: Columnar cacti and their mutualists. Evolution, ecology and conservation. (T. H. Fleming and A. Valiente-Banuet Eds.). The University of Arizona Press, 371 pp.

- Fleming, T. H., M. D. Tuttle & M. A. Horner. 1996. Pollination biology and the relative importance of nocturnal and diurnal pollinators in three species of Sonoran Desert columnar cacti. *Southwestern Naturalist* 41: 257-269.
- Fleming, T. H., R. A. Nuñez & L. S. L. Stenberg. 1993. Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis. *Oecologia*, 94: 72-75.
- Fleming, T. H., S. Maurice, S. L. Buchmann & M. D. Tuttle. 1994. Reproductive biology and relative fitness in a trioecious cactus, *Pachycereus pringlei* (Cactaceae). *American Journal of botany* 81: 858-867.
- Futuyma, D. G. 2005. *Evolutionary Biology*. 3a. Ed. Sinauer Associates, Inc. USA.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a. Edición. Enriqueta García de Miranda, México, D.F.
- Gardner, A. L. 1977. Feeding habits. Pp. 293-350. In: *Biology of bats of the New World Family Phyllostomatidae. Part II* (R. J. Baker, J. K. Jones, Jr & D. C. Carter eds.) Special Publications of the Museum, Texas Tech University, 13:1-364.
- GBIF 2010. Best practice guide for 'Data Discovery and Publishing Strategy and Action Plans' versión 1.0. Chavan, V. S., Sood, R. K., and A. H. Arino. 2010. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 29 pp. ISBN: 87-92020-12-7.
- GBIF. 2013. Global Biodiversity Information Facility. <<http://www.gbif.org/>> (accedido en 03.2013).
- Gibson, A. C. & K. E. Horak. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65: 999-1057.
- Godown, M. E. & A. T. Peterson. 2000. Preliminary distributional analysis of US endangered bird species. *Biodiversity and Conservation* 9: 1313-1322.
- Guisan, A. & N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Guisan, A. & Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of North America*. Second ed. John Wiley and Sons, New York. 1:1 - 600 + 90.
- Hill, J. E. & J. D. Smith. 1984. *Bats: A natural history*. University of Texas. Austin Texas. Published in co-operation with the British Museum Natural History. 243 pp.
- Heithaus, E. R., T. H. Fleming & P. A. Opler. 1975. Foraging patterns and

resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology* 56: 841-854.

Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master & D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.

Hijmans, R. J., L. Guarino, C. Bussink, P. Mathur, M. Cruz, I. Barrantes & E. Rojas. 2004. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Distribución de Especies: Manual Diva-GIS versión 4. URL: http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS4_manual_Esp.pdf

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

Hirzel, A. H. G. L. Lay. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology* 45: 1372-1381.

Hirzel, A. H., J. Hausser, D. Chessel, & N. Perrin. 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability map without absence data. *Ecology* 83, 2027-2036.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium of Quantitative Biology* 22: 415-427.

Johnson C. G. & M. P. Gillongham. 2005. An evaluation of mapped species distribution models used for conservation planning. *Environmental Conservation* 2005: 117-128.

Joseph, L. & D. R. B. Stockwell. 2000. Temperature-based models of the migration of Swainson's Flycatcher (*Myarchus swainsoni*) across South America: a new use for museum specimens of migratory birds. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 150: 293-300.

Kunz Thomas H., B. E., B. Dana, L. Tatyana, & H. T Fleming. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann. N. Y. Acad. Sci (The Year in Ecology and Conservation Biology)*: 1-38.

Landis, J. R.; & Koch, G. G. (1977). "The measurement of observer agreement for categorical data". *Biometrics* 33 (1): 159-174.

Leathwick, J. R., Elith, J. & Hastie, T. 2006. Comparative performance of generalized additive models and multivariate adaptive regression splines for statistical modelling of species distributions. *Ecological Modelling* 199: 188-196.

Lehman, A., J. M. Overton and J. R. Leathwick. 2002. GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 157: 189-207.

Loiselle, B. A., C. A. Howell, C. H. Graham, J. M. Goerck, T. Brooks, K. G. Smith

- & P. H. Williams. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17: 1591-1600.
- López V., J. C. 2004. Biología de *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) en la Cueva "El Salitre", Metztitlán, Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Animal). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Manel, S. H. C. Williams & S. J. Ormerod. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38: 921-931.
- Marmion, M., M. Parviainen, M. Luoto, R. K. Heikkinen & W. Thueller. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15: 59-69.
- Martínez-Meyer, E. 2002. Evolutionary trends in Ecological Niches of species. Ph. D. dissertation. University of Kansas, Lawrence, Kansas.
- Martínez-Meyer, E., A. T. Peterson, J. I. Servín & L. F. Kiff. 2006. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species introductions. *Oryx* (40) 4: 411-418.
- Mateo, R. G., A. M. Felícísimo & J. Muñoz. 2010. Effects of the number of presences on the reliability and stability of MARS species distribution models: The importance of regional niche variation and ecological heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* 21: 908-922.
- Medel-Narvaez, A., J. L. León de la Luz, F. Freaner-Martínez and F. Molina-Freaner. 2006. Patterns of abundance and population structure of *Pachycereus pringlei* (Cactaceae), a columnar cactus of the Sonoran Desert.
- Medellín, R., M. Equihua & M. Amín. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14: 1666-1675.
- Mosiño, A. P., & E. García. 1973. The climate of Mexico. In: *Climates of Northamerica*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam 645-404.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Name Zapata, H. 2004. Las minas abandonadas como hábitat de murciélagos (Chiroptera) en la región de Guanaceví, Durango, México. Tesis de maestría, UANL.
- Nakazawa, Y., A. T. Peterson, E. Martínez-Meyer and A. G. Navarro-Sigüenza. 2004. Seasonal niches of nearctic-neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration. *The Auk* 121 (2): 610-618.
- Navarro, S. A., T. Peterson, Y. Nakazawa e I. Liebig-Fossas. 2003. Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad.

- Pp. 115-122. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. (J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets Eds.), Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 307 pp.
- Omernik, J.M. 1987. Ecoregions of the conterminous United States. Map (scale 1:7,500,000). *Annals of the Association of American Geographers* 77(1):118-125.
- Omernik, J. M. 1995. Ecoregions: A spatial framework for environmental management. Pp. 49-62. In: *Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making* (Davis, W. S. and T. P. Simon eds.), Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 432 pp.
- Ortega-Huerta, M. & A. T. Peterson. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Divers. Distrib.* 10: 39-54.
- Ortega-Huerta, M. & A. T. Peterson. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 205-216.
- Papes, M. & P. Gaubert. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: Assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions* 13: 890-902.
- Parviainen, M., M. Luoto, T. Rytteri & R. K. Heikkinen. 2008. Modelling the occurrence of threatened plant species in taiga landscapes: Methodological and ecological perspectives. *Journal of Biogeography* 35: 1888-1905.
- Parviainen, M., M. Marmion, M. Luoto, W. Thuiller & R. K. Heikkinen. 2009. Using summed individual species models and state-of-the-art modelling techniques to identify threatened plant species hotspots. *Biological Conservation* 142: 2501-2509.
- Pearson, R. G. 2007. *Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners*. Synthesis. American Museum of Natural History.
- Pearson, R. G., T. P. Dawson, P. M. Berry and P. A. Harrison. 2002. Species: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling* 154: 289-300.
- Pearson, R. G., W. Thuiller, M. B. Araújo, E. Martinez-Meyer, L. Brotons, C. McClean, L. Miles, P. Segurado, T. P. Dawson and D. Lees. 2006. Model-based uncertainty in species' range prediction. *Journal of Biogeography* 33: 1704-1711.
- Peñalba, M. C. F. Molina-Freaner & L. Larios-Rodríguez. 2006. Resource availability, population dynamics and diet of nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* in Guaymas, Sonora, Mexico. *Biodiversity and conservation* 15: 3017-3034.

- Peterson, A. T., Egbert, S. L.; Sánchez-Cordero, V.; Price, K. P. 2000. Geographic analysis of conservation priorities using distributional modeling and complementarity: Endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico. *Biol. Conserv.* 93: 85-94.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103(3): 599-605.
- Peterson, A. T. & D. A. Vieglais. 2001. Predictin species invasions using ecological niche modeling: New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience*, 51: 363-371.
- Peterson, A. T., J. Soberón & V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservation of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285:1265-1267.
- Peterson, A. T., M. Papes & M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and MaxEnt. *Ecography* 30: 550-560.
- Phillips, D. J. 1971. The dentition of glossophagine bats: development, morphological characteristics, variation, pathology, and evolution, *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist., Univ. Kansas* 54: 1-138.
- Phillips, S. J., Dudik, M., & Schapire, R. 2010. Maxent software for species habitat modeling. AT&T Labs-Research, Princeton University, and the Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. URL: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, & R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Pielou, E. C. 1979. *Biogeography*, John Wiley and Sons, New York, USA 351 pp.
- Pierson, E. A., R. M. Turner & J. L. Betancourt. 2013. Regional demographic trends from long-term studies of saguaro (*Carnegiea gigantea*) acroos the Sonoran Desert. *Journal of Arid Environments* 88: 57-69.
- Pressey, R. L., M. Cabeza, M. E. Watts, R. M. Cowling & K. A. Wilson. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 583-592.
- Proctor, M., P. Yeo & A. Lack. 1996. *The Natural History of Pollination*. Timber Press, Inc. Portland, USA. 479 pp.
- Quantum GIS Development Team, 2013. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Richardson, D. M. & R. J. Whitakker. 2010. J. Conservation biogeography-foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions* 16 (3): 313-320.

- Rojas Martínez, A. 2001. Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophaginae) en el Valle de Tehuacán y la cuenca del Balsas, México. Tesis de doctorado, UNAM.
- Rojas-Martínez, A. & A. Valiente-Banuet. 1996. Análisis comparativo de la quiroptero fauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*: 67: 1-23.
- Rojas-Martínez, A., A. Valiente-Banuet, M. C. Coro- Arizmendi, A. Alcántara-Eguren & H. Arita. 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalized migration pattern really exist? *Journal of Biogeography*, 26: 1065-1077.
- Rotenberry, J. T., K. L. Preston, & S. T. Knick. 2006. GIS-based niche modeling for mapping species' habitat. *Ecology* 87(6):1458-1464.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Pliego-Escalante. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. Pp. 359-379. En: *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. (H. M. Hernández, A. N. García Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa Eds.), Instituto de Biología, UNAM. México, 413 pp.
- Schmidt Jr., R. H. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environm.* 16: 241-256.
- Scott, J. M., E. A. Norse, H. T. Arita, A. Dobson, J. A. Esys, M. Foste, B. Gilbert, D. Jensen, R. L. Knight, D. Mattson & M. E. Soulé. 1999. The issue of scale in selecting and designing biological reserves, Pp. 19-37. In: *Continental Conservation, scientific foundations of regional reserve networks*. (M. E. Soulé & J. Terborgh eds.). Washington, D. C.
- Segurado, P. & M. B. Araújo. 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* 31:1555-1568.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección; 30 de diciembre: 1-78.
- Soares-Filho, B. S., H. O. Rodrigues, W. L. S. Costa. 2009. Modelamiento de Dinámica Ambiental con Dinamica EGO, Centro de Sensoriamento Remoto/Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brazil. 4 de octubre 2010. En línea: <http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>
- Soberón, J. & A. T. Peterson. 2004. Biodiversity Informatics. *Phil. Trans. Royal Society Lond. B.*, 359: 689-698.
- Soberón, J. & A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental

- ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Stockman, A. K., Beamer, D. A. & Bond, D. A. 2006. An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of non-vagile invertebrate species. *Diversity and Distributions*, 12: 81– 89.
- Stockwell, D. R. B. & D. P. Peters. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Systems* 13: 143-158.
- Stockwell, D. R. B. & A. T. Peterson. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148: 1-13.
- Stoner, K. E. 2002. Murciélagos nectarívoros y frugívoros del bosque tropical caducifolio de la reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Pp. 379-395. En: *Historia Natural de Chamela*. (F. A. Noguera, J. H. Vega, A. N. García y M. Quesada Eds), Instituto de Biología, UNAM. México, 568 pp.
- Stoner, K. E., K. A. O.-Salazar, R. C. R.-Fernández & M. Quesada. 2003. Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 357–373.
- Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285– 1293.
- Téllez-Valdés, O. & P. Dávila-Aranda. 2002. Protected Areas and Climate Change: a case study of the cacti in the Tehuacan-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17 (3): 1-9.
- ter Hofstede, H. & M. B. Fenton. 2005. Relationships between roost preferences, ectoparasity, density and grooming behaviour of neotropical bats. *J. Zool., Lond.* 266: 333–340.
- Thuiller, W. 2003. Biomod - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology* 9: 1353-1362.
- Thuiller, W. 2007. Biodiversity – climate change and the ecologist. *Nature* 448: 550–552.
- Tschapka, M. & S. Dressler. 2002. Chiropterophily: on bat-flowers and flower bats. *Royal Botanic Gardens* 114-125.
- Turner, R. M., Bowers J. E. And Burges T. L. 1995. Sonoran desert plants, an ecological atlas. University Arizona Press, Arizona.
- Udvardy, M. D. F. 1975. A classification of the biogeographical provinces of the world. IUCN Occasional Paper No. 18. Morges, Switzerland.
- Urquiza-Haas, T., W. Tobón & P. Koleff. 2011. Sitios prioritarios para la

conservación de mamíferos terrestres: evaluación de los criterios de selección de indicadores, Pp. 131-149. En: Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. (P. Koleff & T. Urquiza-Haas coords.). CONABIO-CONANP, D. F., México.

Valiente-Banuet, A., A. Rojas-Martinez, A. Casas, M., del C. Arizmendi A. & P. Dávila A. 1997a. Pollination biology of two winter-blooming giant columnar cacti in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Arid Environments* 37:331-341.

Valiente-Banuet, A., A. Rojas-Martínez, A. M., del Coro & P. Dávila. 1997b. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *American Journal of Botany* 84: 452-455.

Valiente-Banuet A., M., del C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez & L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12: 103-119.

Valiente-Banuet, A., M., del C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez, A. Casas, H. Godínez-Alvarez, C. Silva & P. Dávila-Aranda. 2002. Biotic interactions and population dynamics of columnar cacti. Pp 225-240. In: *Columnar cacti and their mutualists: Evolution, ecology, and conservation*. (T. H. Fleming and A. Valiente-Banuet eds.), The University of Arizona Press, 371 pp.

Waser, N. M. 2005. Specialization and generalization in plant-pollinator interactions: A historical perspective. Pp. 3-17. In: *Plant-Pollinator interactions* (N. Waser & J. Ollerton eds.), The University of Chicago press. Chicago, 488 pp.

Whitaker, R. J., M. B. Araújo, P. Jepson, R. J. Ladle, J. E. M. Watson & K. J. Willis. 2005. Conservation biogeography: Assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11: 3-23.

Williams, J. N., C. Seo, J. Thorne, J. K. Nelson, S. Erwin, J. M. O'Brien & M. W. Schwartz. 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions* 15: 565-576.

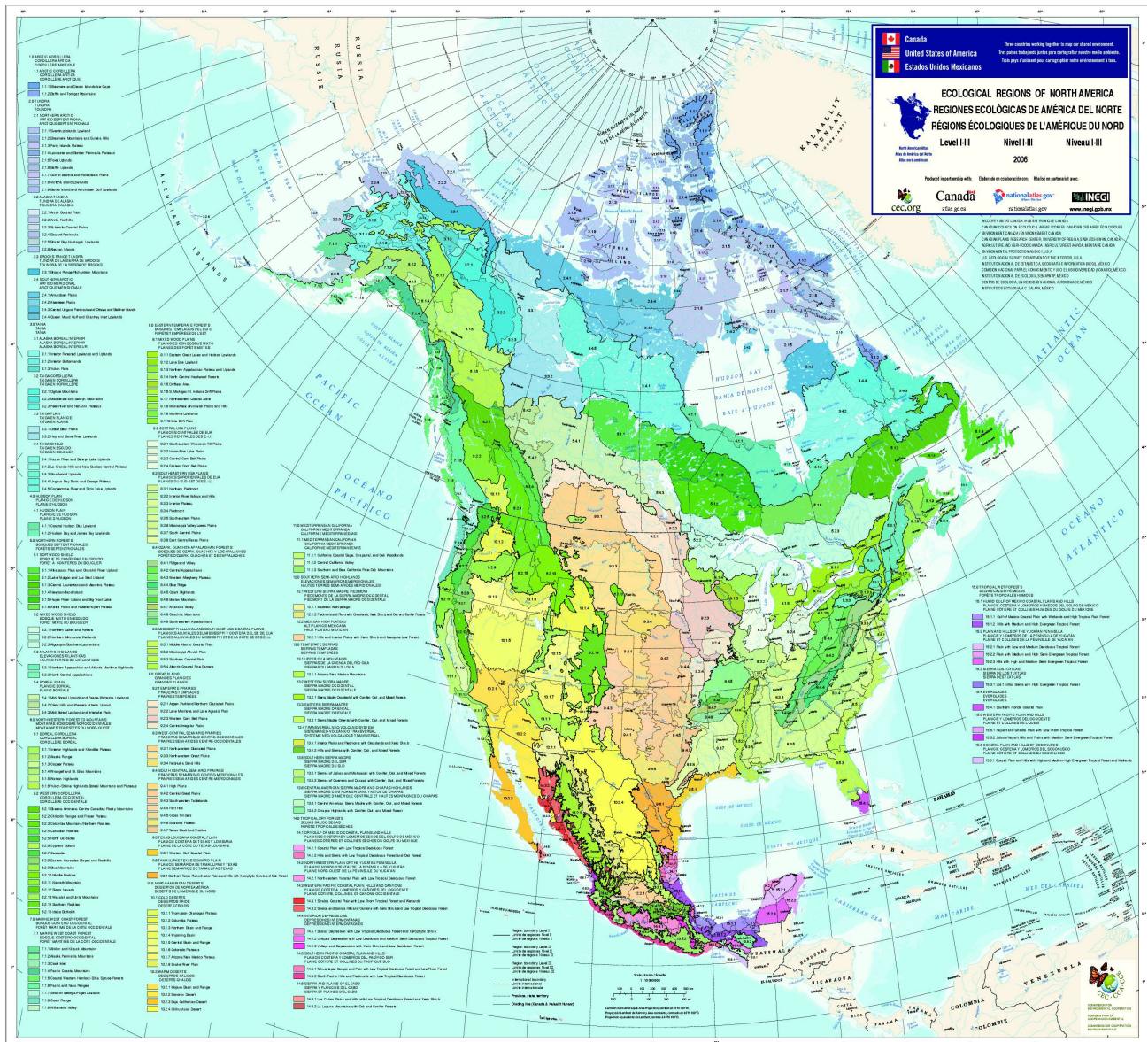
Wilson, D. E. 1971. Food habits of *Micronycteris hirusta* (Chiroptera: Phyllostomatidae). *Mammalia* 35:107-110.

Wilson, K. A., M. I. Westphal, H. P. Possingham & J. Elith. 2005. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. *Biological Conservation* 122: 99-112.

Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham & A. Guisan. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14: 763-773.

ANEXOS

Anexo A. Mapa de ecorregiones de Norteamérica y cuadro descriptivo de las ecorregiones.



Código o Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
1	Arctic Cordillera	1.1	Arctic Cordillera	1.1.1	Ellesmere and Devon Islands Ice Caps
				1.1.2	Baffin and Torngat Mountains
2	Tundra	2.1	Northern Arctic	2.1.1	Sverdrup Islands Lowland
				2.1.2	Ellesmere Mountains and Eureka Hills
				2.1.3	Parry Islands Plateau
				2.1.4	Lancaster and Borden Peninsula Plateaus
				2.1.5	Foxe Uplands
				2.1.6	Baffin Uplands
				2.1.7	Gulf of Boothia and Foxe Basin Plains
				2.1.8	Victoria Island Lowlands
				2.1.9	Banks Island and Amundsen Gulf Lowlands
		2.2	Alaska Tundra	2.2.1	Arctic Coastal Plain
				2.2.2	Arctic Foothills
				2.2.3	Subarctic Coastal Plains
				2.2.4	Seward Peninsula
				2.2.5	Bristol Bay-Nushagak Lowlands
				2.2.6	Aleutian Islands
		2.3	Brooks Range Tundra	2.3.1	Brooks Range/Richardson Mountains
		2.4	Southern Arctic	2.4.1	Amundsen Plains
				2.4.2	Aberdeen Plains
				2.4.3	Central Ungava Peninsula and Ottawa and Belcher Islands
				2.4.4	Queen Maud Gulf and Chantrey Inlet Lowlands
3	Taiga	3.1	Alaska Boreal Interior	3.1.1	Interior Forested Lowlands and Uplands
				3.1.2	Interior Bottomlands
				3.1.3	Yukon Flat
		3.2	Taiga Cordillera	3.2.1	Ogilvie Mountains
				3.2.2	Mackenzie and Selwyn Mountains
				3.2.3	Peel River and Nahanni Plateaus
		3.3	Taiga Plains	3.3.1	Great Bear Plains
				3.3.2	Hay and Slave River Lowlands
		3.4	Taiga Shield	3.4.1	Kazan River and Selwyn Lake Uplands
				3.4.2	La Grande Hills and New Quebec Central Plateau
				3.4.3	Smallwood Uplands
				3.4.4	Ungava Bay Basin and George Plateau
				3.4.5	Coppermine River and Tazin Lake Uplands

Código Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
4	Hudson Plains	4.1	Hudson Plains	4.1.1	Coastal Hudson Bay Lowlands
				4.1.2	Hudson Bay and James Bay Lowlands
5	Northern Forests	5.1	Softwood Shield	5.1.1	Athabasca Plain and Churchill River Uplands
				5.1.2	Lake Nipigon and Lac Seul Uplands
				5.1.3	Central Laurentians and Mecatina Plateau
				5.1.4	Newfoundland Island
				5.1.5	Hayes River Uplands and Big Trout Lake
				5.1.6	Abitibi Plains and Rivière Rupert Plateau
		5.2	Mixed Wood Shield	5.2.1	Northern Lakes and Forests
				5.2.2	Northern Minnesota Wetlands
				5.2.3	Algonquin/Southern Laurentians
		5.3	Atlantic Highlands	5.3.1	Northern Appalachians and Atlantic Maritime Highlands
				5.3.3	North Central Appalachians
		5.4	Boreal Plain	5.4.1	Mid-Boreal Uplands and Peace-Wabaska Lowlands
				5.4.2	Clear Hills and Western Alberta Uplands
				5.4.3	Mid-Boreal Lowland and Interlake Plain
6	Northwestern Forested Mountains	6.1		6.1.1	Interior Highlands and Klondike Plateau
				6.1.2	Alaska Range
				6.1.3	Copper Plateau
				6.1.4	Wrangell and St. Elias Mountains
				6.1.5	Watson Highlands
				6.1.6	Yukon-Stikine Highlands/Boreal Mountains and Plateaus
		6.2	Western Cordillera	6.2.1	Skeena-Omineca-Central Canadian Rocky Mountains
				6.2.2	Chilcotin Ranges and Fraser Plateau
				6.2.3	Columbia Mountains/Northern Rockies
				6.2.4	Canadian Rockies
				6.2.5	North Cascades
				6.2.6	Cypress Uplands
				6.2.7	Cascades
				6.2.8	Eastern Cascades Slopes and Foothills
				6.2.9	Blue Mountains
				6.2.10	Middle Rockies
				6.2.11	Klamath Mountains
				6.2.12	Sierra Nevada

Código o Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
				6.2.13	Wasatch and Uinta Mountains
				6.2.14	Southern Rockies
				6.2.15	Idaho Batholith
7	Marine West Coast Forest	7.1	Marine West Coast Forest	7.1.1	Ahklun and Kilbuck Mountains
				7.1.2	Alaska Peninsula Mountains
				7.1.3	Cook Inlet
				7.1.4	Pacific Coastal Mountains
				7.1.5	Coastal Western Hemlock-Sitka Spruce Forests
				7.1.6	Pacific and Nass Ranges
				7.1.7	Strait of Georgia/Puget Lowland
				7.1.8	Coastal Range
				7.1.9	Willamette Valley
8		8.1		8.1.1	Eastern Great Lakes and Hudson Lowlands
				8.1.2	Lake Erie Lowland
				8.1.3	Northern Appalachian Plateau and Uplands
				8.1.4	North Central Hardwood Forests
				8.1.5	Driftless Area
				8.1.6	Southern Michigan/Northern Indiana Drift Plains
				8.1.7	Northeastern Coastal Zone
				8.1.8	Maine/New Brunswick Plains and Hills
				8.1.9	Maritime Lowlands
				8.1.10	Erie Drift Plain
		8.2	Central USA Plains	8.2.1	Southeastern Wisconsin Till Plains
				8.2.2	Huron/Erie Lake Plains
				8.2.3	Central Corn Belt Plains
				8.2.4	Eastern Corn Belt Plains
		8.3	Southeastern USA Plains	8.3.1	Northern Piedmont
				8.3.2	Interior River Valleys and Hills
				8.3.3	Interior Plateau
				8.3.4	Piedmont
				8.3.5	Southeastern Plains
				8.3.6	Mississippi Valley Loess Plains
				8.3.7	South Central Plains
				8.3.8	East Central Texas Plains
		8.4	Ozark,	8.4.1	Ridge and Valley

Código o Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
			Ouachita-Appalachian Forests	8.4.2	Central Appalachians
				8.4.3	Western Allegheny Plateau
				8.4.4	Blue Ridge
				8.4.5	Ozark Highlands
				8.4.6	Boston Mountains
				8.4.7	Arkansas Valley
				8.4.8	Ouachita Mountains
				8.4.9	Southwestern Appalachians
		8.5	Mississippi Alluvial and Southeast USA Coastal Plains	8.5.1	Middle Atlantic Coastal Plain
				8.5.2	Mississippi Alluvial Plain
				8.5.3	Southern Coastal Plain
				8.5.4	Atlantic Coastal Pine Barrens
9	Great Plains	9.2	Temperate Prairies	9.2.1	Aspen Parkland/Northern Glaciated Plains
				9.2.2	Lake Manitoba and Lake Agassiz Plain
				9.2.3	Western Corn Belt Plains
				9.2.4	Central Irregular Plains
		9.3	West Central Semi-Arid Prairies	9.3.1	Northwestern Glaciated Plains
				9.3.3	Northwestern Great Plains
				9.3.4	Nebraska Sand Hills
		9.4	South Central Semi-Arid Prairies	9.4.1	High Plains
				9.4.2	Central Great Plains
				9.4.3	Southwestern Tablelands
				9.4.4	Flint Hills
				9.4.5	Cross Timbers
				9.4.6	Edwards Plateau
				9.4.7	Texas Blackland Prairies
		9.5	Texas-Louisiana Coastal Plain	9.5.1	Western Gulf Coastal Plain/ Planicie de la costa occidental del Golfo
		9.6	Tamaulipas-Texas Semi-Arid Plain	9.6.1	Southern Texas Plains/Interior Plains and Hills with Xerophytic Shrub and Oak Forest
10	North American Deserts	10.1	Cold Deserts	10.1.1	Thompson-Okanagan Plateau
				10.1.2	Columbia Plateau
				10.1.3	Northern Basin and Range
				10.1.4	Wyoming Basin
				10.1.5	Central Basin and Range
				10.1.6	Colorado Plateaus

Código o Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
		10.2	Warm Deserts	10.1.7	Arizona/New Mexico Plateau
				10.1.8	Snake River Plain
				10.2.1	Mojave Basin and Range
				10.2.2	Sonoran Desert
				10.2.3	Baja Californian Desert
				10.2.4	Chihuahuan Desert
11	Mediterranean California	11.1	Mediterranean California	11.1.1	California Coastal Sage, Chaparral, and Oak Woodlands
				11.1.2	Central California Valley
				11.1.3	Southern and Baja California Pine-Oak Mountains
12	Southern Semi-Arid Highlands	12.1	Western Sierra Madre Piedmont	12.1.1	Madrean Archipelago
				12.1.2	Piedmonts and Plains with Grasslands, Xeric Shrub, and Oak and Conifer Forests
		12.2	Mexican High Plateau	12.2.1	Hills and Interior Plains with Xeric Shrub and Mesquite Low Forest
13	Temperate Sierras	13.1	Upper Gila Mountains	13.1.1	Arizona/New Mexico Mountains
		13.2	Western Sierra Madre	13.2.1	Sierra Madre Occidental with Conifer, Oak, and Mixed Forests
		13.3	Eastern Sierra Madre	13.3.1	Sierra Madre Oriental with Conifer, Oak, and Mixed Forests
		13.4	Transversal Neo-Volcanic System	13.4.1	Interior Plains and Piedmonts with Grasslands and Xeric Shrub
				13.4.2	Hills and Sierras with Conifer, Oak, and Mixed Forests
		13.5	Southern Sierra Madre	13.5.2	Sierras of Jalisco and Michoacan with Conifer, Oak, and Mixed Forests
				13.5.2	Sierras of Guerrero and Oaxaca with Conifer, Oak, and Mixed Forests
		13.6	Central American Sierra Madre and Chiapas Highlands	13.6.1	Central American Sierra Madre with Conifer, Oak, and Mixed Forests
				13.6.2	Chiapas Highlands with Conifer, Oak, and Mixed Forests
14	Tropical Dry Forests	14.1	Gulf of Mexico Dry Coastal Plains and Hills	14.1.1	Coastal Plain with Low Tropical Deciduous and Thorn Forest
				14.1.2	Hills and Sierras with Low Tropical Deciduous Forest and Oak Forest
		14.2	Northwestern Plain of the Yucatan Peninsula	14.2.1	Northwestern Yucatan Plain with Low Tropical Deciduous Forest
		14.3	Western Pacific Coastal Plain, Hills and Canyons	14.3.1	Sinaloa Coastal Plain with Low Tropical Thorn Forest and Wetlands
				14.3.2	Sinaloa and Sonora Hills and Canyons with Xeric Shrub and Low Tropical Deciduous Forest
		14.4	Interior Depressions	14.4.1	Balsas Depression with Low Tropical

Código o Nivel I	Nombre Nivel I	Código Nivel II	Nombre Nivel II	Código Nivel III	Nombre Nivel III
					Deciduous Forest and Xerophytic Shrub
				14.4.2	Chiapas Depression with Low Tropical Deciduous and Medium-high Semi-Deciduous Forest
				14.4.3	Valleys and Depressions of Oaxaca and Puebla with Xeric Shrub and Low Tropical Deciduous Forest
		14.5	Southern Mexican Pacific Coastal Plain and Hills	14.5.1	Tehuantepec Canyon and Coastal Plain with Low Tropical Deciduous Forest and Low Thorn Forest
				14.52	Southern Mexican Pacific Hills and Piedmonts with Low Tropical Deciduous Forest
		14.6	Sierra and Plain of Los Cabos	14.6.1	Los Cabos Plain and Hills with Low Tropical Deciduous Forest and Xeric Shrub
				14.6.2	Sierra La Laguna with Oak and Conifer Forests
15	Tropical Humid Forests	15.1	Gulf of Mexico Humid Coastal Plains and Hills	15.1.1	Gulf of Mexico Coastal Plain with Wetlands and Tropical Evergreen Forest
				15.1.2	Hills with High and Medium-high Tropical Evergreen Forest
		15.2	Plain and Hills of the Yucatan Peninsula	15.2.3	Plain with Low and Medium-high Tropical Deciduous Forest
				15.2.1	Plain with High and Medium-high Tropical Semi-Evergreen Forest
		15.3	Sierra Los Tuxtlas	15.2.3	Hills with High and Medium-high Tropical Semi-Evergreen Forest.
				15.3.1	Sierra Los Tuxtlas with High Tropical Evergreen Forest
		15.4	Everglades	15.4.1	Southern Florida Coastal Plain
		15.5	Western Pacific Plains and Hills	15.5.1	Nayarit and Sinaloa Plain with Low Tropical Thorn Forest
				15.5.2	Jalisco and Nayarit Hills and Coastal Plain with Medium-high Tropical Semi-Evergreen Forest
		15.6	Coastal Plain and Hills of Soconusco	15.6.1	Coastal Plain and Hills with High and Medium-high Tropical Evergreen Forest and Wetlands

Anexo B. Variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos de WordClim (<http://www.worldclim.org/bioclimate>).

Abreviatura	Variables bioclimáticas	Significado
BIO1	Temperatura promedio anual	Promedio de todas las temperaturas promedio semanales.
BIO2	Oscilación diurna de la temperatura	Promedio de todas las oscilaciones de temperatura semanales ($T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$).
BIO3	Isotermalidad	Índice de variabilidad de la temperatura. El promedio de oscilación diurna de la temperatura dividido por el promedio de oscilación anual de la temperatura (BIO2/BIO7)x100.
BIO4	Estacionalidad de la temperatura	Desviación estándar de las temperaturas promedio semanales expresadas como porcentaje del promedio de estas temperaturas.
BIO5	Temperatura máxima del periodo más cálido	Temperatura más alta de alguna de las temperaturas máximas semanales.
BIO6	Temperatura mínima del periodo más frío	Temperatura más baja de alguna de las temperaturas mínimas semanales.
BIO7	Oscilación anual de la temperatura	Diferencia entre la temperatura máxima del periodo más cálido y la temperatura mínima del periodo más frío (BIO5-BIO6).
BIO8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	Temperatura promedio del trimestre* más húmedo del año.
BIO9	Temperatura promedio del trimestre más seco	Temperatura promedio del trimestre* más seco del año.
BIO10	Temperatura promedio del trimestre más cálido	Temperatura promedio del trimestre* más cálido del año.
BIO11	Temperatura promedio del trimestre más frío	Temperatura promedio del trimestre* más frío del año
BIO12	Precipitación anual	Suma de todos los estimados mensuales de precipitación.
BIO13	Precipitación del mes más húmedo	Precipitación de la semana o mes más húmedo, dependiendo del tiempo medido.
BIO14	Precipitación del mes más seco	Precipitación de la semana o mes más

		seco, dependiendo del tiempo medido.
BIO15	Estacionalidad de la precipitación	Desviación estándar de las precipitaciones semanales, expresada como el porcentaje del promedio de los valores semanales de precipitación.
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo	Precipitación promedio del trimestre más húmedo del año.
BIO17	Precipitación del trimestre más seco	Precipitación promedio del trimestre más seco del año.
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido	Precipitación promedio del trimestre más cálido del año.
BIO19	Precipitación del trimestre más frío	Precipitación promedio del trimestre más frío del año.

*Trimestre se refiere a 13 semanas consecutivas, determinadas por el patrón de una variable (precipitación o temperatura), y no por los meses del calendario.

Anexo C. Modelo de murciélagos nectarívoros por temporada.

Para el caso de los murciélagos nectarívoros, a continuación se presentan los modelos generados por temporada, de acuerdo a la fecha de colecta de cada especie (Cuadro 4).

Marzo-Mayo. El modelo obtenido para esta temporada, varía enormemente entre ambos algoritmos (fig. 12). El modelo generado por el algoritmo de Bioclim predice áreas pertenecientes a las subregiones del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, principalmente. Otras áreas que también predice, son las de la subregión del Archipiélago Madreano y la subregión de Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. Para el modelo obtenido por el algoritmo de MaxEnt, éste predice prácticamente toda el área de estudio, exceptuando la subregión de los Bosques de pino y encino de las montañas de Baja California y sur de California. El porcentaje de área predicho por Bioclim, fue de 15.14; 1.41% de éste, lo predice entre alto y excelente. Mientras que, MaxEnt predijo un total de 75.92% de área; el 26.65 de éste, lo predice entre alto-excelente.

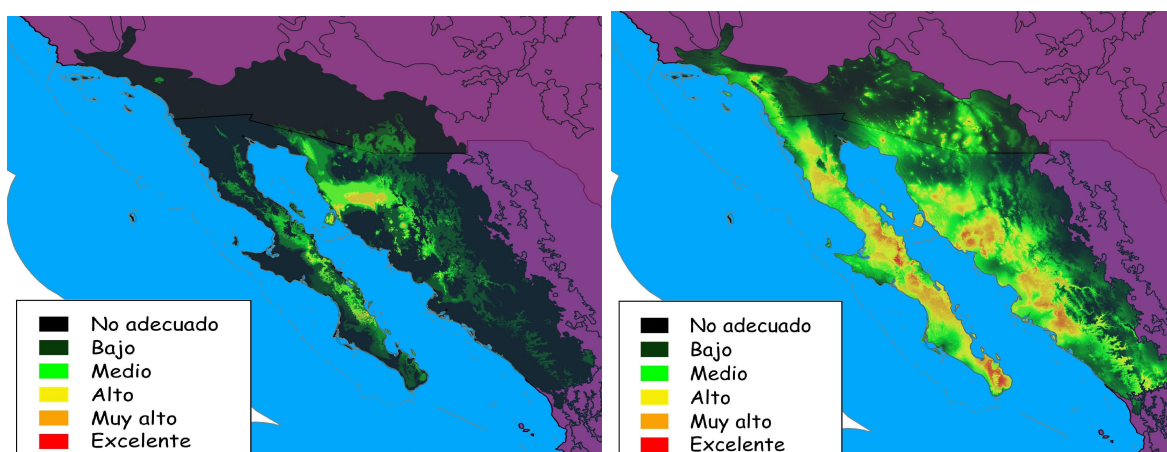


Figura 12. Modelos obtenidos para murciélagos nectarívoros para la temporada de Marzo-Mayo. El modelo de la izquierda representa al modelo obtenido mediante el algoritmo de Bioclim, mientras que el modelo de la derecha representa al obtenido por el algoritmo MaxEnt.

Junio-Agosto. Para el modelo obtenido para esta temporada (fig. 13), ambos algoritmos predicen, respectivamente, áreas muy parecidas a la temporada de Marzo-Mayo (fig. 12). Bioclim predice áreas pertenecientes a las subregiones del Desierto Sonorense y del Desierto de Baja California, principalmente y en menor grado, las áreas pertenecientes a las subregiones de el Archipiélago Madreano y de la subregión de Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. En su parte, el algoritmo MaxEnt predice para toda el área de estudio. El porcentaje de área predicho por el algoritmo de Bioclim fue de 13.50; 0.87 de éste lo predice entre alto y excelente. MaxEnt predice un área de porcentaje igual a 71.41; 15.63 de éste entre alto y excelente.

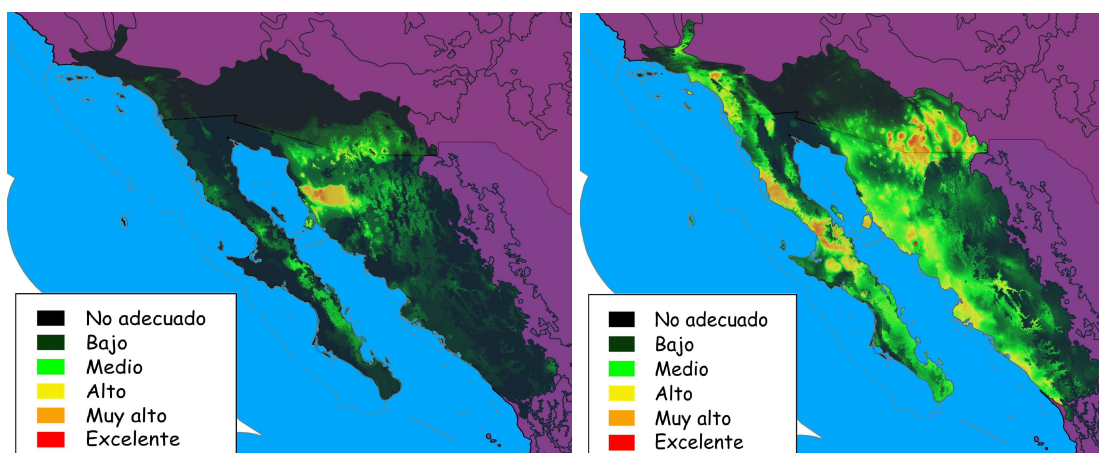


Figura 13. Modelos obtenidos para murciélagos nectarívoros para la temporada de Junio-Agosto. El modelo de la izquierda representa al modelo obtenido mediante el algoritmo de Bioclim, mientras que el modelo de la derecha representa al obtenido por el algoritmo MaxEnt.

Septiembre-Noviembre. Para esta temporada (fig. 14), el algoritmo Bioclim predice áreas pertenecientes al Desierto Sonorense, Desierto de Baja California y a los Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano. Por su parte, el algoritmo MaxEnt predice áreas pertenecientes a las subregiones de Bosques de encino, chaparral y matorral costero californiano, Desierto de Baja California y la parte sur de la subregión de los Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia. El porcentaje de área predicho por Bioclim fue de 9.65; 1.56 de éste entre alto y excelente. MaxEnt predijo un área del 28.64%; 4.32 de éste, predicho como entre alto y excelente.

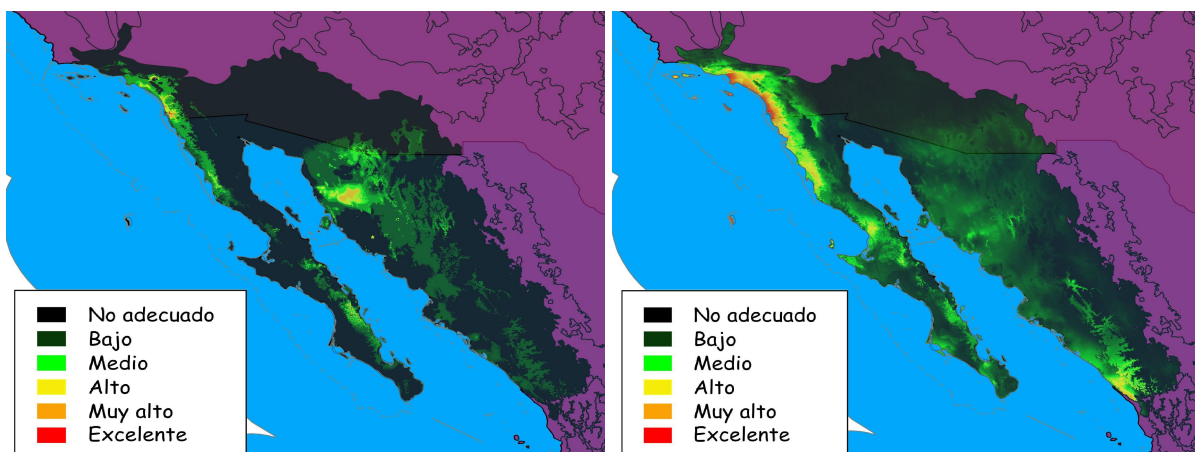


Figura 14. Modelos obtenidos para murciélagos nectarívoros para la temporada de Septiembre-Noviembre. El modelo de la izquierda representa al modelo obtenido mediante el algoritmo de Bioclim, mientras que el modelo de la derecha representa al obtenido por el algoritmo MaxEnt.

Diciembre-Febrero. Por último, para esta temporada (fig. 15), el algoritmo Bioclim predice la parte sureste del Desierto de Baja California, la parte norte-centro de la subregión de Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia y la subregión de la Planicie costera sinaloense con selva espinosa. En tanto, MaxEnt predice áreas para la subregión del Desierto de Baja California, la subregión de Lomeríos de Sonora y Sinaloa y cañones de la Sierra Madre Occidental con matorral xerófilo y selva caducifolia y la subregión de la Planicie costera sinaloense con selva espinosa. El porcentaje predicho por Bioclim fue de 1.58; 0.04 entre alto-excelente. MaxEnt predijo un área equivalente al 48.12%; 14.46 de éste lo predijo entre alto y excelente.

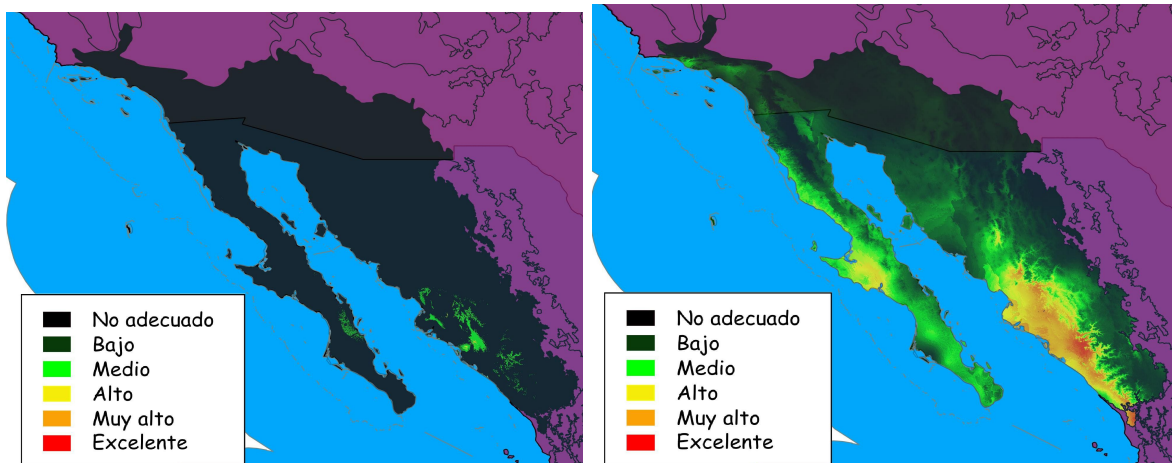


Figura 15. Modelos obtenidos para murciélagos nectarívoros para la temporada de Diciembre-Febrero. El modelo de la izquierda representa al modelo obtenido mediante el algoritmo de Bioclim, mientras que el modelo de la derecha representa al obtenido por el algoritmo MaxEnt.

ANEXO D. Suma de los resultados de los modelos

De acuerdo al análisis de la evaluación de los modelos de nicho, se eligieron los modelos obtenidos por el algoritmo MaxEnt, para todas las especies a excepción de el sahuaro (*Carnegiea gigantea*), en el cual se seleccionó el modelo obtenido por el algoritmo Bioclim.

Como se mencionó con anterioridad, para el mapa de interacciones (Fig. 21), se seleccionaron únicamente los modelos que fueron catalogados como óptimos, de acuerdo al análisis estadístico de cada uno de los algoritmos usados en la modelación de nichos de cada una de las especies.

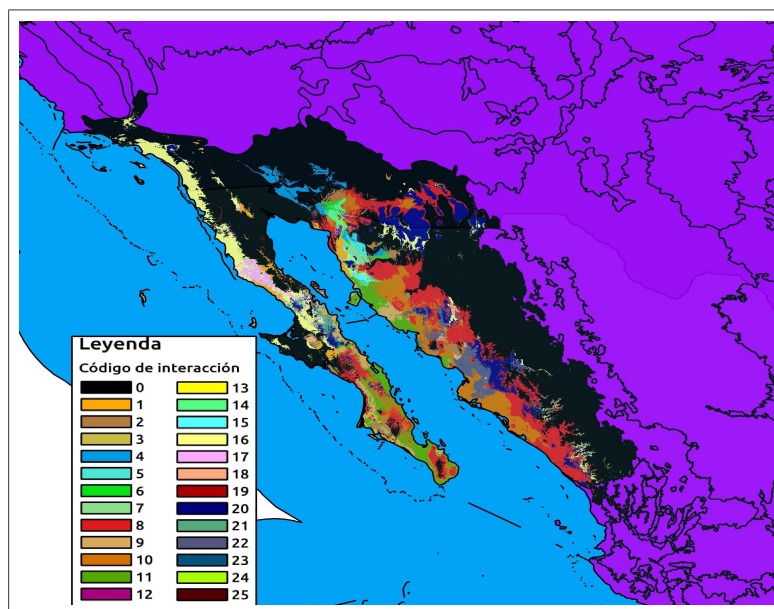


Figura 21. Mapa de interacciones que incluye la suma de todas las especies y el traslape que hay entre ellas de acuerdo a los modelos de nicho obtenidos para cada una de las especies.

El cuadro 7, muestra, de una forma numérica, el área y el porcentaje de las interacciones al momento de sumar los mapas de los modelos de nicho de cada especie (Fig. 21). De acuerdo a esta adición de mapas de los modelos, se pudo observar que, prácticamente en la mitad del área de estudio, se presenta, al menos una especie (o interacción). Asimismo, en el 18.08% del área de estudio, los murciélagos nectarívoros tuvieron interacción, con al menos una, de las cactáceas columnares, siendo *Leptonycteris yerbabuenae* el murciélago que más interacción (16.77% sobre 4.16% del murciélago *Choeronycteris mexicana*) presentó con alguna o varias de las cactáceas columnares. Finalmente, la cactácea columnar que más interacción tuvo con al menos una de estas dos especies de murciélagos nectarívoros, fue la pitahaya (14.24%), seguida del cardón (8.16%); el sahuaro fue la cactácea con menor interacción (1.06%).

Código	Tipo de interacción	Área (en ha)	Porcentaje
0	Ausencia	35873201	50.407
1	Cardón	1153531	1.621
2	Pitahaya	1154046	1.622
3	Pitahaya + Cardón	158675	0.223
4	Sahuaro	1089665	1.531
5	Sahuaro + Cardón	241537	0.339
6	Sahuaro + Pitahaya	191252	0.269
7	Sahuaro + Pitahaya + Cardón	182055	0.256
8	Lepto	9277670	13.037
9	Lepto + Cardón	1467099	2.062

Código	Tipo de interacción	Área (en ha)	Porcentaje
10	Lepto + Pitahaya	4855745	6.823
11	Lepto + Pitahta + Cardón	2840591	3.991
12	Lepto + Sahuaro	83893	0.118
13	Lepto + Sahuaro + Cardón	69968	0.098
14	Lepto + Sahuaro + Pitahaya	359726	0.505
15	Lepto + Sahuaro + Pitahaya + Cardón	227870	0.320
16	Choero	4411180	6.198
17	Choero + Cardón	734237	1.032
18	Choero + Pitahaya	192800	0.271
19	Choero + Pitahaya + Cardón	4556	0.006
20	Choero + Lepto	4565472	6.415
21	Choero + Lepto + Cardón	379668	0.533
22	Choero + Lepto + Pitahaya	1557868	2.189
23	Choero + Lepto + Pitahaya + Cardón	84925	0.119
24	Choero + Lepto + Sahuaro + Pitahaya	8854	0.012
25	Choero + Lepto + Sahuaro + Pitahaya + Cardón	688	0.001

Cuadro 7. Interacción de las especies de estudio. El código representa el tipo de interacción entre una y otra especie, así como el área y porcentaje dentro del área de estudio.