INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AVES CONTINENTALES EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN MANEJO DE ZONA COSTERA

PRESENTA:

BIÓL. MARISOL MARTÍNEZ VADILLO

DIRECTOR:

DR. SERGIO COHUO DURÁN

CODIRECTOR

DR. CLAUDIO MOTA VARGAS

MARZO 2025

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Chetumal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Chetumal, Quintana Roo, 21/noviembre/2024

ASUNTO: Aprobación de tesis

MTI. MARÍA DE LOS ANGELES NAVARRETE MARNEOU
SUBDIRECTORA ACADÉMICA
PRESENTE

Por este medio tenemos a bien comunicarle que el trabajo de tesis "**Patrones de distribución espacial de aves continentales en la Península de Baja California**", de la estudiante MARISOL MARTÍNEZ VADILLO (No. CONTROL M14390280), ha sido revisado y aprobado por el Comité Tutorial, por lo que puede continuar con los trámites para la obtención del grado de Maestra en Manejo de Zona Costera.

Sin otro particular quedamos de Usted.

ATENTAMENTE
COMITÉ TUTORIAL

DR SERGIO COHUO DURÁN
DIRECTOR DE TESIS

DR. CLAUDIO MOTA VARGAS
CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSE MANUEL CASTRO PÉREZ
ASESORA DE TESIS

DR. LEOPOLDO QUERUBIN CUTZ POOL
ASESOR DE TESIS

SISTEMA DE GESTIÓN
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
ISO 45001:2018
BICERT, S.C.

Marca de Igualdad Laboral y No Discriminación

ESPACIO 100% LIBRE DE PLÁSTICO DE UN SOLO USO



2024 Felipe Carrillo PUERTO

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Chetumal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Chetumal, Quintana Roo, 14/febrero/2025
No. de oficio: W-057/2025
ASUNTO: Nombramiento de Jurado.

C.C. INTEGRANTES DEL JURADO:
PRESENTE

PRESIDENTE:	Dr. Sergio Cohuo Durán Doctor en Ciencias, cédula de grado 12262468
SECRETARIO:	Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool Doctor en Ciencias, cédula de grado 7289631
VOCAL:	Dr. José Manuel Castro Pérez Doctor en Ciencias, cédula de grado 7228467
VOCAL SUPLENTE:	Dra. Carmen Amelia Villegas Sánchez Doctora en ciencias, cédula de grado 08802457

Por este medio les informo que el Examen de Grado de la Lic. en Biol. MARISOL MARTÍNEZ VADILLO con número de control M14390280, estudiante del Instituto Tecnológico de Chetumal del programa de Maestría en Manejo de Zona Costera, se realizará el día viernes 7 de marzo de 2025 a las 11:00 h., en la sala de titulación del instituto, defendiendo la tesis "PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AVES CONTINENTALES DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA", por lo que se les pide su puntual asistencia.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica ®
Cultura, Ciencia y Tecnología para la Superación de México ®

DRA. ALICIA CARRILLO BASTOS
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Recibí

17/02/2025
Recibí

Recibí 17-02-25

C.c.p. Departamento de Servicios Escolares.
C.c.p. Departamento Académico.
C.c.p. Departamento de Recursos Financieros.
C.c.p. Alumno.
C.c.p. Coordinación.
C.c.p. Minutario.
ACB/Gaby

Recibí
17 feb 2025

Recibí



2025 Año de La Mujer Indígena

Av. Insurgentes #330, esq. Andrés Quintana Roo, Col. David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 67 C.P. 77013,
Chetumal, Quintana Roo. Tel. (983) 8322330
ext. 101. / www.chetumal.tecnm.mx

SISTEMA DE GESTIÓN ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 ISO 45001:2018 BICERT, S.C.

ESPACIO 100% LIBRE PLÁSTICO

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Chetumal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Chetumal, Quintana Roo, 10/febrero/2025
No. de oficio: W-055/2024

ASUNTO: Autorización de impresión

MARISOL MARTÍNEZ VADILLO
ESTUDIANTE DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE ZONA COSTERA
PRESENTE

Habiendo cumplido con los requisitos para obtención del grado de MAESTRA EN MANEJO DE ZONA COSTERA, establecidos en los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México y que competen a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, le comunico que:

SE LE CONCEDE LA AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE LA TESIS

"PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AVES CONTINENTALES EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA"

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica ®
Cultura, Ciencia y Tecnología para la Superación de México ®

DRA. ALICIA CARRILLO BASTOS
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.c.p. Coordinación.
C.c.p. Minutario.
ACB/Gaby



2025 Año de La Mujer Indígena

Instituto Tecnológico de Chetumal
Departamento de Comunicación y Difusión

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y AUTENTICIDAD

Por medio de la presente, MARISOL MARTINEZ VADILLO declaro que el trabajo de investigación titulado PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AVES CONTINENTALES EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA y dirigido por DR. SERGIO COHUO DURÁN como tema de tesis para la obtención del Título de MAESTRO(A) EN MANEJO DE ZONA COSTERA, es original. El presente trabajo de investigación es el resultado de mi trabajo personal, el cual no ha sido copiado de investigaciones previas publicadas en medios digitales y/o impresos. Las ideas, definiciones y/o ilustraciones tomadas de trabajos previos han sido citadas de la manera correcta para dar crédito a los autores originales. Declaro que el presente trabajo de investigación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, y tampoco ha sido publicado en sitio alguno. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y cometer plagio es objeto de sanciones legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el presente documento, así como de los derechos sobre la obra presentada. Asimismo, me hago responsable ante el Instituto Tecnológico de Chetumal o terceros de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar por el incumplimiento de lo declarado. De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello y sometiéndome a las normas vigentes del Instituto Tecnológico de Chetumal y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

A T E N T A M E N T E

_____

MARISOL MARTÍNEZ VADILLO

Chetumal, Quintana Roo, a 06 de febrero de 2025.

Av. Insurgentes #330, esq. Andrés Quintana Roo, Col. David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 67 C.P. 77013,
Chetumal, Quintana Roo. Tel. (983) 8322330 ext. 101. / www.chetumal.tecnm.mx

SISTEMA DE GESTIÓN ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 ISO 45001:2018 BICERT, S.C.
ESPACIO 100% LIBRE DE PLÁSTICO DE UN SOLO USO

Instituto Tecnológico de Chetumal
Departamento de Comunicación y Difusión

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en este documento titulado “PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AVES CONTINENTALES EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA” proviene de las actividades de investigación durante el periodo que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis dentro del programa de MAESTRÍA EN MANEJO DE ZONA COSTERA en el Instituto Tecnológico de Chetumal del Tecnológico Nacional de México y que dicha información le pertenece en términos de la Ley de Propiedad Industrial, por lo que no me reservo ningún derecho sobre ello.

ATENTAMENTE

MARISOL MARTÍNEZ VADILLO

Chetumal, Quintana Roo, a 06 de febrero de 2025.

Av. Insurgentes #330, esq. Andrés Quintana Roo, Col. David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 67 C.P. 77013,
Chetumal, Quintana Roo. Tel. (983) 8322330 ext. 101. / www.chetumal.tecnm.mx

SISTEMA DE GESTIÓN ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 ISO 45001:2018 BICERT, S.C.
ESPACIO 100% LIBRE DE PLÁSTICO DE UN SOLO USO

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecer a mi familia por el apoyo brindado durante estos años de maestría. Han sido dos años no solo de aprendizaje, también de crecimiento personal, siendo mi familia un pilar muy importante en este desarrollo. Todo ese apoyo, consejos, animo y regaños, me han servido para seguir avanzando y no dejar tirado este proyecto, los amo.

A mis directores de tesis. El doctor Sergio Cohuo, por todo el apoyo brindado durante la maestría, el interés y seguimiento a este proyecto, por la paciencia que tuvo durante todo este tiempo y los concejos recibidos.

A Claudio Mota por aceptar ser mi director externo, por todos los consejos y siempre estar pendiente de mi avance profesional y personal, así como el gran apoyo durante mi estancia en Xalapa. A Octavio Rojas por aceptarme dentro del laboratorio de bioclimatología del INECOL, brindarme el apoyo con el proyecto desarrollado, así como la gran paciencia que ha tenido a pesar de todo. Con ellos agradecer a todos los miembros del laboratorio de bioclimatología por todo el aprendizaje y apoyo en la realización de los modelos desarrollados en este proyecto, chicos, los admiro mucho y todo lo que hacen, sobre todo a Alejandra por recibirme en dos ocasiones en su casa, y brindarme una gran hospitalidad y apoyo durante el tiempo que estuve en Xalapa.

A mis profesores de la maestría, sus consejos me han ayudado a seguir adelante.

A mis amigos que han sido un gran sostén durante estos años. Ellos, más que nadie, saben lo difícil que fue para mi terminar este trabajo y que a pesar de todo me escucharon y se mantuvieron ahí dándome ánimos y no permitiendo que cayera, siempre han sido una parte muy importante en mi vida y por eso los quiero demasiado.

Gracias Dios por mostrarme el camino y abrirme los ojos a lo que busco en esta vida, has puesto todo lo que necesito saber frente a mis ojos y me has ayudado a afrontar caídas tan duras de las que me he podido levantar y recuperar.

RESUMEN

México se caracteriza por presentar una gran riqueza y biodiversidad a nivel mundial; y comprender los patrones de distribución de las especies en el país representa uno de los primeros pasos para contribuir a su conservación. Particularmente, la Península de Baja California se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un sitio ideal para poner a prueba la teoría peninsular, la cual describe un incremento en la riqueza de especies en la zona más próxima al continente y una disminución hacia la región más distal. En este estudio se evalúa la diversidad latitudinal, patrones de endemismo y la aplicabilidad de la teoría peninsular. A partir de los registros históricos de avistamientos de aves en la Península durante el 2010-2022 y variables ambientales provenientes de worldclim, se realizaron modelos de distribución de especies con el algoritmo Maxent de 12 especies endémicas y 99 residentes de la Península. Para analizar la diversidad latitudinal de especies, se dividió la península en 239 secciones de 0.5° de amplitud. Los modelos de distribución demostraron mayor riqueza de especies en la región norte de la península, cercana al continente, mientras que, en el sur, su parte más distal, la riqueza de especies disminuyó, pero se observó mayor presencia de especies endémicas. Esto quiere decir que la teoría peninsular se comprueba en aves de la Península de Baja California, mientras que el endemismo, parece estar definido por la orografía de la Península. Este estudio representa un marco de referencia de la distribución de las aves de la Península de Baja California, que es útil para la conservación de especies.

Palabras clave: efecto peninsular, modelos de distribución de especies, patrones de distribución.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de la biogeografía es comprender los patrones de distribución geográfica de las especies en el tiempo y el espacio (Morrone, 2001). Un patrón de distribución de especies se entiende como la existencia de una tendencia geográfica general que afecta al número de especies que existen en un determinado territorio (Real, 1992). El primer patrón biogeográfico reconocido fue el endemismo, éste se refiere a todas aquellas especies que se encuentran restringidas a áreas geográficas específicas y que dependen de la escala geográfica en la que se distribuye la especie (Noguera-Urbano, 2017). Otro patrón reconocido y estudiado por la biogeografía es el efecto peninsular, el cual describe cómo la riqueza de las especies a lo largo de una península va disminuyendo con forme se avanza a la región más distal y alejada del continente, creando una gradiente de riqueza (Simpson, 1964).

Por su ubicación geográfica, México se encuentra en la zona de transición entre la región Neártica y Neotropical, lo que contribuye a su gran riqueza y biodiversidad; y, por ende, a una gran cantidad de endemismos de diferentes grupos taxonómicos. Por ejemplo, el número de especie de aves en México es de 1,123, que representa aproximadamente el 10 % de las especies descritas en el mundo (Navarro-Sigüenza et al. 2014; PROFEPA, 2019).

A pesar de que las aves son un grupo ampliamente estudiado, existe un importante desconocimiento de los patrones de distribución geográfica de las especies que se encuentran en México (Escalante, et al.,1998, Navarro-Sigüenza, et al., 2014) y estos patrones se van modificando por la actividad antropogénica. En esta región se presenta una acelerada pérdida de biodiversidad debido a la destrucción y fragmentación de los

ambientes naturales (Myers, 1993); por lo tanto, comprender los patrones de distribución de las especies es crucial para el conocimiento de interacciones ecológicas y conservación de la biodiversidad.

Una de las regiones de particular importancia para el estudio de las aves en México es la Península de Baja California (que incluye los estados de Baja California y Baja California Sur), debido a que en esta región existe un aislamiento geográfico con respecto al resto del país, y que sus límites geográficos están bien definidos (Rojas-Soto, et al., 2003). De tal manera que representa un sitio idóneo para el estudio de patrones de distribución de especies de aves y para comprobar teorías relacionadas con el aislamiento geográfico. Uno de los patrones biogeográficos de especial interés en la Península de Baja California es la teoría peninsular que describe una disminución en la riqueza de especies desde la región más próxima al continente hacia la zona más distal y alejada del continente. Esta teoría fue propuesta por Simpson en 1964 y es particularmente útil para el diseño de planes efectivos de manejo y conservación de áreas con alta diversidad y endemismos en una Península.

Dentro de la Península de Baja California existen diversos estudios sobre la avifauna a nivel local y regional (e.g., Amador, et al., 2006; Ruiz-Campos, et al., 2005; Ruiz-Campos, et al., 2004; Carmona, et al., 2003; Patten, et al., 2001; Carmona y Danemann, 1998). Tres estudios son de particular relevancia para la región, debido a que analizan la avifauna de toda la península. Grinnell (1928) por primera vez realiza un estudio de la distribución de las aves en la Península de Baja California. Posteriormente Wilbur (1987) realiza una monografía detallada de la distribución de la avifauna en la península; y finalmente Rojas-Soto, et al. (2003) realizan una regionalización de la

península con base en la avifauna a partir de Análisis de Parsimonia de Endemismos (APE) y Modelos de Distribución de Especies (MDE).

El área de distribución de las especies se puede delimitar con base en la intersección de tres factores, las condiciones bióticas, condiciones abióticas y el área de accesibilidad (Soberón y Peterson, 2005), los cuales ayudan a entender cuál es el área de distribución geográfica de las especies (Peterson, et al., 2011; Mota-Vargas, et al., 2019). Una forma de analizar los patrones de distribución es mediante modelos de distribución de especies (MDE), los cuales se generan a partir de puntos de registro de la especies de interés y variables ambientales de importancia para las especies; la combinación de ambas fuentes de información mediante algoritmos matemáticos, permiten reconstruir el nicho ecológico de la especie, el cual posteriormente se proyecta al espacio geográfico donde se pueden reconocer aquellas áreas en las cuales las condiciones ambientales son favorables para la especie (Peterson, 2001; Martínez-Meyer, 2005). Esta proyección se da mediante representaciones cartográficas de lo que sería un espacio idóneo para la presencia de una especie (Guisan y Thuiller, 2005; Mateo, et al., 2011).

ANTECEDENTES

En México se han realizado diversos estudios de la avifauna para conocer la composición, diversidad y estructura en las diferentes regiones del país. Por ejemplo, Navarro-Sigüenza et al. (2014) realizó un análisis del listado actualizado de las aves de México, y determinó que cerca del 10% de las especies de aves a nivel mundial, se encuentran en México. Estimaron una riqueza de entre 1,123 y 1,150 especies a nivel nacional. En el estado de Baja California se distribuyen 348 especies y en Baja California Sur 276 especies, siendo ambos estados el lugar 25 y 29 respectivamente en diversidad avifaunística de México.

Carmona et al., en el 2003, realizaron un listado de la avifauna encontrada en el oasis La Purísima en Baja California sur del 2 al 5 de noviembre de 1998. Por medio de un recorrido prospectivo y dividiendo la zona en 3 secciones, encontraron 60 especies pertenecientes a 14 órdenes y 32 familias. Concluyeron que el oasis de La Purísima debe ser considerado dentro de los planes de ordenamiento ecológico. Actualmente este sitio forma parte de la lista de Regiones Hidrológicas Prioritarias de la CONABIO (Arriaga et al., 2002).

En relación con estudios de patrones de distribución de las aves de la Península Baja California, Rojas-Soto et al., (2003) realizaron un análisis de los patrones de distribución de las aves residentes de la península utilizando 4164 registros únicos pertenecientes a 113 especies. Generaron una regionalización basada en el método de análisis de parsimonia y modelos de distribución de especies. Los resultados demostraron que existen algunas

especies con áreas biogeográficas bien definidas y que la regionalización de la avifauna obtenida es consistente con regionalizaciones obtenidas de insectos, mamíferos y reptiles.

Ruiz-Campos, et al., en el 2005 realizaron un estudio donde determinaron la composición espacio temporal de la avifauna de 13 humedales costeros al noroeste de Baja California. El estudio se realizó entre febrero y diciembre del 2002 y se registraron un total de 17,978 individuos pertenecientes a 187 especies, 121 géneros y 47 familias. El número de especies e individuos encontrados por humedal se relacionó a la cercanía o lejanía de la urbanización a dichos humedales. Concluyeron que los efectos antropológicos han ocasionado el deterioro de los ecosistemas de humedal y de la composición avifaunística que se encuentra en esa región.

Amador et al., en el 2006 realizaron un conteo de las especies de aves cada mes entre noviembre de 1993 y junio de 1994 en el estero Rancho Bueno en el estado de Baja California Sur, encontrando 5,965 aves de 56 especies de 10 órdenes y 21 familias. De las 56 especies de aves 13 fueron terrestres asociadas al manglar. Concluyen que a pesar de que la riqueza de las especies es mayor en áreas abiertas que en áreas de manglar, existe una mayor equidad en la segunda.

En la Península de Baja California se han llevado a cabo numerosos trabajos sobre la avifauna local y regional. Amador et al. (2011), realizaron un listado de las aves identificadas en tres zonas de manglar de Baja California Sur. Registraron un total de 152 especies, pertenecientes a 42 familias y 16 órdenes, de las cuales 115 especies fueron de afinidad acuática y 37 de afinidad terrestre, 30 residentes y 7 migratorias. Concluyeron que

los manglares son zonas de importancia para la avifauna residente y migratoria, además de ser sitios productivos y receptivos para la fauna que interacciona con el ecosistema.

MARCO TEÓRICO

Modelos de distribución geográfica de especies y su aplicación en biogeografía

Una forma de estudiar la distribución de las especies es mediante la biogeografía, que estudia las diferentes especies en el espacio y tiempo, buscando entender el cómo y porqué las especies se distribuyen en la manera en la que se encuentran; y cómo estos patrones se pudieran ver afectados por la actividad humana o los cambios que existen en el planeta (Hominck, 2002). Para conocer la historia biogeográfica de un grupo, es necesario obtener los patrones de distribución de las especies a estudiar o desarrollar un modelo de distribución. Estos últimos se crean mediante datos de la presencia de especies en áreas específicas; es por ello que es necesario evaluar la cantidad de datos con los que se cuentan e identificar las áreas de mayor diversidad específica (Escalante, et al., 2002).

Para generar modelos de distribución de especies se deben analizar tres factores fundamentales, los cuales se explican en el "*diagrama BAM*" (figura 1; Soberón, et al., 2017). Este modelo establece que existe una muy alta probabilidad de encontrar a una especie en aquellas regiones donde existan las condiciones bióticas favorables para la especie, que existan las condiciones abióticas necesarias y conocer la región accesible para la dispersión de esta especie. Donde se interceptan esas tres variables podemos encontrar la zona denominada como área ocupada por la especie, que sería el área donde la especie puede ser observada o recolectada.

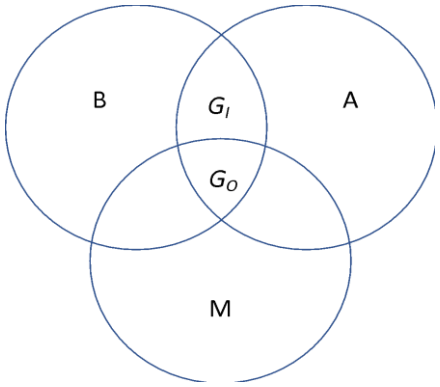


Figura 1 Diagrama de BAM ejemplificando el área ocupada e invadible de una especie. B: factor biótico, A: factor abiótico, M: área de accesibilidad, Go: área ocupada por la especie y Gi: área invadible

Los registros de presencia de las especies de interés para generar los modelos de distribución se pueden obtener de literatura especializada, bases de datos digitales, en colecciones científicas, entre otros. Debido a que estos datos podrían contar con algunos inconvenientes, como errores de georreferenciación o de identificación taxonómica, sobre todo al momento de reunir información de diferentes bases de datos, lo que podría provocar una duplicidad (Castillo, et al., 2014), se debe tomar en cuenta un estudio profundo de estos datos, la biología de la especie para hacer una limpieza precisa y de esta manera asegura que el uso de dichos datos será el correcto. Por otro lado, es importante definir las variables ambientales a utilizar para la creación de los modelos, el más común son las variables climáticas, sin embargo, también se pueden utilizar variables edafológicas, de litología o geología (dependiendo de la biología de la especie), datos sobre elevación o variables derivadas de esta (Mateo, et al., 2011).

Teoría peninsular

Una península se caracteriza por ser una masa continental rodeada de agua excepto por una sección que se encuentra unida al resto del continente (Real Academia Español, s.f.). En 1964, Simpson propone por primera vez sobre la teoría peninsular de las especies. En dicha teoría se describe como la forma de una península influye en la distribución de las especies sobre ella. La hipótesis nos dice que la expansión de las poblaciones hacia una sola dirección puede limitar la colonización de dichas áreas alejadas al continente (Simpson, 1964). La diversidad de especies en las penínsulas se puede ver afectada por factores como el aislamiento geográfico, una reducción del hábitat y un efecto de cuello de botella que limita la migración de especies (Taylor y Regal, 1978). Sin embargo, existen estudios que revelan que no existe este tipo de patrón y que la distribución de las especies varía según el grupo taxonómico y factores ambientales como el caso de la península itálica donde el patrón no es uniforme y que este depende de factores ecológicos y evolutivos de las especies (Batistti, 2006).

JUSTIFICACIÓN

Por su forma, localización y relativo aislamiento de la zona continental, la Península de Baja California es considerada un laboratorio natural para el estudio de patrones biogeográficos de especies. Al estar rodeada de agua, sus límites se encuentran muy bien definidos, lo que facilita el proceso para generar modelos de distribución de especies. Esta región, es una de las áreas con mayor importancia en estudios ornitológicos en México, con una gran diversidad de especies y endemismos. Actualmente, se desconocen los patrones de distribución de especies de aves, tanto endémicas, como residentes. Se desconocen las áreas potenciales de distribución y el efecto que podría generar el cambio del clima y la alteración de hábitats por acción antropogénica. Se ha observado en grupos como mamíferos, que la fluctuación ambiental, altera los patrones de distribución y generan reordenamientos y movilización de especies dentro de las zonas de distribución y hacia áreas novedosas. En este escenario, es fundamental reconocer los patrones de distribución de especies nativas y especialmente endémicas, puesto que son las más vulnerables a los escenarios futuros en México (incremento de temperatura y disminución de la precipitación). La identificación de zonas de distribución actuales, para establecer marcos de referencia para identificar su movilización en el tiempo, puede ayudar a generar áreas de conservación y mitigar la pérdida de especies. Fundamentado en los patrones de distribución reconocidos, en este estudio se evaluará, además, una de las teorías biogeográficas más relevantes para la distribución biogeográfica de las especies de aves en la Península, la teoría peninsular.

Con la finalidad de identificar los patrones de distribución geográfica de las aves en la Península de Baja California, se analizarán las especies de hábitos terrestres, no

migratorias, ni acuáticas o asociadas a cuerpos de agua. Este proyecto, además, está basado en el uso de bases de datos nacionales e internacionales, que permitirá complementar la información sobre la diversidad avifaunística actual y reconocer las áreas de importancia de concentración de riqueza y endemismos.

HIPÓTESIS

Los patrones de distribución de las especies de aves generados por medio de modelos de distribución de especies en la Península de Baja California, evidenciarán un efecto peninsular donde habrá mayor riqueza de especies en la parte más cercana al continente que en la parte sur, tal como los propone Simpson en 1964 y como se ha demostrado con diferentes grupos taxonómicos y diversas penínsulas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar patrones de distribución de especies de aves continentales en la Península de Baja California, e identificar áreas de distribución de especies endémicas, residentes, y la aplicabilidad de la teoría del efecto peninsular a través de la Península de Baja California.

Objetivos específicos

Identificar áreas de distribución de cada una de las especies terrestres de la Península de Baja California, distinguiendo entre especies endémicas y residentes.

Analizar los patrones geográficos de riqueza de la avifauna en la Península de Baja California, para determinar algún patrón específico a lo largo de la península.

Evaluar a través de valores de diversidad entre regiones, la aplicabilidad de la teoría Peninsular.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Península de Baja California se encuentra al noroeste de la República Mexicana entre los paralelos 32º al 23º, limita al oeste con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de California (Figura 2a). Su elevación va desde el nivel del mar hasta los 3090 m en la región más norteña de la península (INEGI, 1995). Los climas que predominan son muy secos, templados, semicálidos y cálidos en las partes bajas, mientras que en las regiones de mayor altitud predominan los climas semifríos, subhúmedos y templado húmedo (Rosete, 2008).

Registros de las especies y variables ambientales

Se realizo un listado histórico de las especies de aves presentes en la Península de Baja California con base en la consulta de literatura (Grinnell, 1928; Erickson y Howell, 2001; Navarro-Sigüenza y Peterson, 2004), el Atlas de las Aves de México (Navarro-Sigüenza, et al., 2003) y las siguientes bases de datos: la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB, http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html), la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO: https://www.gob.mx/conabio), la Infraestructura Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF: https://www.gbif.org/) y el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB: https://www.snib.mx/). A partir de la lista de especies se obtuvieron los registros correspondientes de la GBIF y de literatura especializada (Palmer, 1928; Rowley, 1935; Goldman and Moore, 1946; Zinck, 1988; Zinck, et al., 1988; Cracraft, 1989; Zinck y Dittman, 1993; Zinck, et al, 2001; Howell, 2001; Patten y Pruett, 2009; Erickson, et al., 2013; Zinck, 2014; Vázquez-Miranda, et al., 2022). Se utilizó la taxonomía propuesta

por la Sociedad Americana de Ornithología (AOS, por sus siglas en inglés: https://checklist.americanornithology.org/).

Los registros de las diferentes especies fueron depurados mediante la eliminación de registros sin coordenadas geográficas, sin año de registro, localidad/estado y duplicados por píxel (30 segundos de arco ~1 km).

Se utilizaron 15 variables climáticas digitalizadas de temperatura y precipitación a una resolución de 30 arco segundos del proyecto Worldclim (Fick y Hijman, 2017, Tabla 1) para comprobar su influencia y relevancia sobre la avifauna de Baja California. A partir de los sitios de registros de cada especie, se extrajeron los valores de las 15 variables y se realizó un análisis de correlación de Spearman, a partir del cual se eliminaron las variables más correlacionadas con base en un valor de corte de |r|= 0.85.

Tabla 1 Variables bioclimáticas utilizadas para los análisis de correlación de variables.

Bio1	Annual Mean Temperature
Bio2	Mean Diurnal Range
Bio3	Isothermality
Bio4	Temperature Seasonality
Bio5	Max Temperature of Warmest Month
Bio6	Min Temperature of Coldest Month
Bio7	Temperature Annual Range
Bio10	Mean Temperature of Warmest Quarter
Bio11	Mean Temperature of Coldest Quarter
Bio12	Annual Precipitation
Bio13	Precipitation of Wettest Month

Bio14	Precipitation of Driest Month
Bio15	Precipitation Seasonality
Bio16	Precipitation of Wettest Quarter
Bio17	Precipitation of Driest Quarter

Construcción de áreas de accesibilidad (M)

Para delimitar las áreas de accesibilidad o "M" (*sensu* Soberón y Peterson, 2005), se dividieron a las especies en tres grupos catalogados en especies endémicas, que son aquellas que su distribución se restringe a la Península de Baja California; especies de distribución media, que son aquellas especies cuyos registros no se extendieran a más allá de 500 km a partir del extremo norte de la península; y especies de distribución amplia cuya distribución incluyera la Península de Baja California y más allá de 500 km de la misma.

En el caso de las especies endémicas a la península, se utilizaron las ecorregiones propuestas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (Dinerstein, et al., 2017), se utilizaron los registros de las especies para delimitar las ecorregiones a utilizar y en su caso recortarlas si era necesario. Para las especies clasificadas como de distribución media, se realizó un buffer de ~500km alrededor de los registros de las especies recolectados, posteriormente se ajustó el buffer a las ecorregiones cercanas a los registros. El área de accesibilidad de las especies de distribución amplias se definió utilizando la Península de Baja California y las ecorregiones adyacentes a ella, teniendo el área delimitada, se cortaron los registros de las especies a esta área y se eliminaron los registros que quedaron fuera.

Modelos de distribución de especies (MDE) de aves en la Península de Baja California

A partir de los registros de las especies y de las variables ambientales, se elaboraron MDEs mediante la paquetería de R Kuenm (Cobos et al., 2019) que utiliza el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt) para alcanzar la distribución más probable de acuerdo con los valores de idoneidad ambiental de los puntos de presencia utilizados para cada una de ellas (Phillips, 2005). Para desarrollar los MDE se utilizaron el 70% de los registros y el otro 30% se usaron para validar los modelos resultados. El número de variables ambientales utilizadas vario según la especie tras un análisis de correlación de variables. Se utilizaron 6 multiplicadores de regularización (0.1, 1, 2, 6, 8 10) para todas las especies, esto con el fin de que el proceso sea sistemático y la combinación de las siguientes "feature classes": lineal, cuadrática y de producto. Para la selección de los mejores modelos, primero se seleccionaron aquellos con la tasa de omisión más baja (tasa de omisión del E = 5%), el criterio de ROC parcial y el criterio de AICc (Cobos et al., 2019). Los modelos finales de cada especie pasaron a un proceso de binarización a partir del 10 percentil del valor de idoneidad con el fin de obtener el mapa de presencia potencial de las especies (Anexo 1). Los modelos de las diferentes especies fueron proyectados a la Península de Baja California.

Análisis latitudinal de especies en la Península de Baja California

Para evaluar el cambio latitudinal de las especies en la Península de Baja California y describir el patrón de riqueza y endemismos de norte a Snr, primero se delimitaron 20 segmentos latitudinales de entre los paralelos 32° a 23 °, es decir, 2 segmentos por grado y

se calculó el promedio de riqueza de especies para cada segmento con el fin de estudiar el cambio en la riqueza de especies conforme avanzamos al sur de la península. Posteriormente se estableció una gradilla de 0.25 grados a lo largo de toda la península (Figura 2a) y se obtuvo el valor de riqueza para cada celda dentro de la cuadrícula. Se establecieron tres zonas en el área de estudio: norte, centro, sur y se evaluaron diferencias significativas entre cada zona.

Se realizó un Análisis de Similitud (ANOSIM) en el software PAST 4.0, y se utilizó una matriz de datos con el número de especies identificadas en cada una de las áreas de la gradilla de 0.25 grados. Con los resultados se realizó una interpolación con el método Kriging en el software Surfer para visualizar gráficamente las diferencias encontradas en el ANOSIM.

RESULTADOS

Se obtuvieron 968, 761 registros puntuales de 112 especies de aves continentales de la Península de Baja California. Trece especies fueron catalogadas como endémicas del área de estudio con 703 registros y 99 especies residentes con 968,058 registros. La especie con menor número de registros fue *Corthylio obscurus*, con dos registros puntuales, por lo que no fue posible realizar un MDE para esta especie; la especies con mayor número de registros fue *Corvus corax* con un total de 50, 842 registros.

El número máximo de variables ambientales utilizadas fueron 13 variables para la especie *Toxostoma arenícola* y el menor número de variables fue para las especies *Glaucidium hoskinsii*, *Junco Bairdi*, *Geothlypis beldingi* y *Patagioenas vioscae* con un total de 5 variables ambientales, siendo todas estas especies endémicas de la Península de Baja California. La variable bio1 (temperatura media anual) fue la variable que más se usó para los modelos, siendo utilizada por todas las especies. Por otro lado, la variable bio16 (precipitación del cuarto de año más húmedo) fue la variable que menos se utilizó en el desarrollo de los modelos siendo utilizada solo por la especie *T. arenícola*.

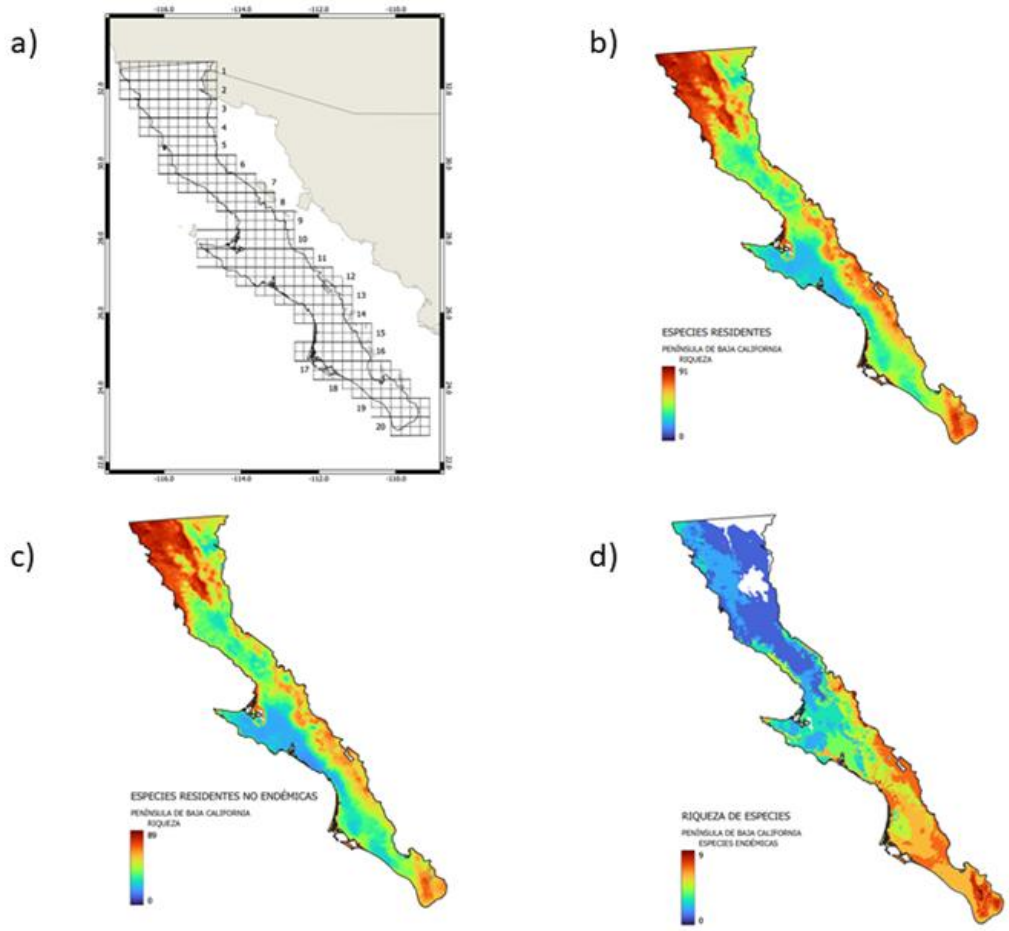


Figura 2 Gradientes de riqueza de aves de la Península de Baja California; a) área de estudio dividida en segmentos (1-20) y cuadrantes; b) riqueza total de especies; c) riqueza de especies residentes no endémicas; d) riqueza de especies endémicas.

En total se realizaron 111 MDE, correspondientes a 12 especies endémicas y 99 residentes no endémicas (Anexo 2). Con los MDEs se generaron tres mapas de riqueza a nivel espacial (Figura 2). El primer mapa (Figura 2b); muestra el patrón de distribución de todas las especies, en este mapa se usaron los registros de las especies sin hacer una distinción entres endémicas y residentes no endémicas. Se observó que la región de mayor riqueza es en el norte de la Península, y cómo esta varía conforme se aleja de la masa

continental a lo largo de la Península con una tendencia a la disminución. El segundo mapa (Figura 2c) muestra el promedio de registro de individuos de las especies residentes no endémicas el cual ilustra una disminución de la riqueza conforme se avanza hacia el sur de la península. En la región norte de la península, se observa un pico de riqueza de 80 especies en la latitud 30° N, mientras que, en el sur, se observó el pico más bajo con una riqueza de 59 especies en la latitud 23° N (Figura 2c). El tercer mapa (Figura 2d) demuestra la distribución general de las especies endémicas. Se encontró un patrón de distribución opuestos al de las especies residentes, es decir, conforme se avanza al sur de la península existe una mayor riqueza de especies endémicas, teniendo el pico más alto de riqueza en la latitud 22° N con 7.66 especies endémicas y el pico de riqueza más bajo al norte en la latitud 30° N con 1.93 especies endémicas registrada (Figura 2d; Tabla 2).

Tabla 2 Valores de riqueza promedio latitudinal para las especies endémicas y residentes no endémicas donde se observa el gradiente de especies de norte a sur.

		Riqueza Endémicas	
Latitud	Segmento		Residentes
32	1	1.9	76.05
	2	1.7	78.05
31	3	1.9	77.47
	4	1.6	79.57
30	5	1.5	64.07
	6	2.6	62.92
29	7	4.1	59.41
	8	5.0	67.16
28	9	6.0	72.75
	10	5.2	67.82
27	11	5.7	64.27
	12	6.3	59.22
26	13	6.3	59.25
	14	7.4	62.54
25	15	6.5	66.72
	16	6.8	61.42

24	17	6.6	62.62
	18	7.1	60.23
23	19	7.8	70.60
	20	7.6	72.50

El análisis ANOSIM demostró diferencias significativas entre regiones de la Península de Baja California (p-valor = 0.002, significancia 0.05), pero se encontró que las especies al interior de los grupos son altamente variables (distribución aleatoria). El mapa interpolado, demostró mayor riqueza de especies en la región más cercana al continente y una disminución progresiva hacia la zona más alejada (Figura 3). Sin embargo, existen zonas con alta riqueza de especies asociadas con la elevación y en su mayoría pueden ser endémicas.

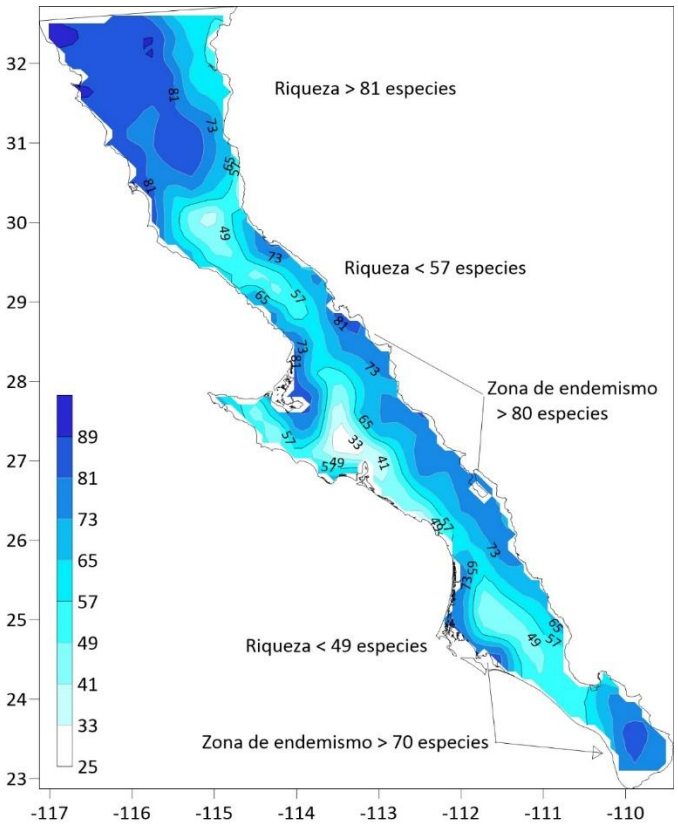


Figura 3 Mapa de interpolación donde se observa la riqueza altitudinal de especies.

DISCUSIÓN

Patrones de distribución y endemismo de aves en la Península de Baja California

En relación con las especies endémicas el patrón encontrado es opuesto al patrón peninsular mencionado con anterioridad, esto al compararlo con las especies no endémicas, encontrando un patrón de riqueza mayor en el extremo más alejado de la península, disminuyendo con forme se aproxima al continente (Figura 4). Para las especies endémicas no existe un efecto peninsular, no obstante, la identificación de este tipo de patrones es posible dentro de una península, y las causas de este patrón biogeográfico puede deberse a otras causas, por ejemplo, diferentes procesos de especiación o autoecología, como registraron Due y Pollis (1986) en su estudio realizado con escorpiones en la Península de Baja California.

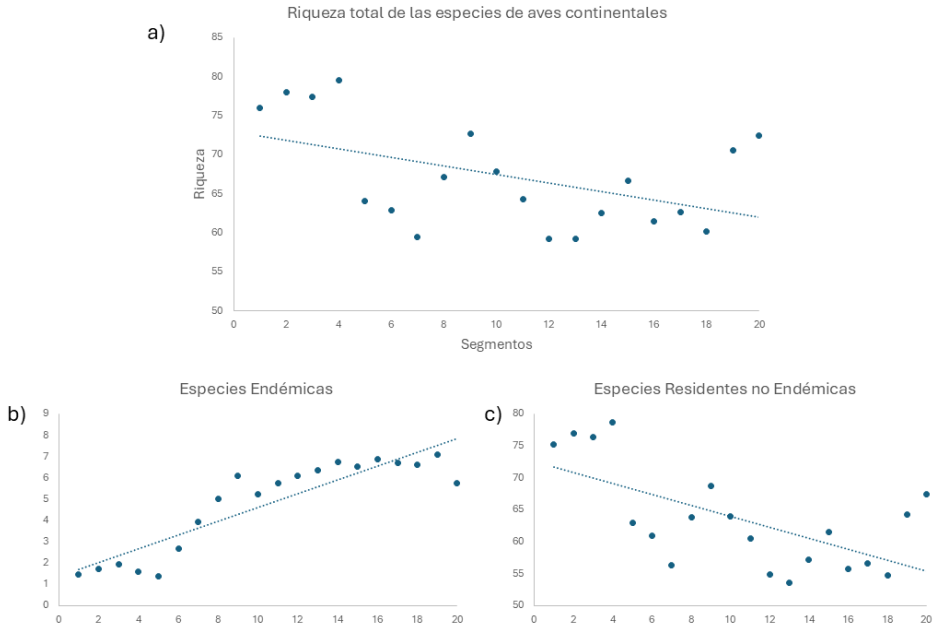


Figura 4 Riqueza de especies de la Península de Baja California, siendo el segmento 0 el más cercano al continente y el segmento 20 la parte más distal de la península; a) riqueza

de todas las especies continentales del estudio; b) riqueza de las especies endémicas; c) riqueza de las especies residentes no endémicas.

Esto también lo podemos observar en la península opuesta que existe dentro del territorio mexicano, la Península de Yucatán. A pesar de ser una península completamente opuesta a la Península de Baja California por su forma, tamaño, ambientes, dirección y ubicación, Cortez-Ramírez, et al (2012), realizando un estudio con las aves de la región, encuentran el mismo resultado obtenido en este trabajo. Donde al usar mapas de distribución potencial construidas con MDE de las especies de aves presentes en el área, encuentran que en el norte de la península existe una menor riqueza de especies en comparación de la zona sur la cual resulta ser la más cercana al continente. Mismo efecto encontrado en la Península de Baja California donde encontramos mayor concentración de especies en el área más cercana al continente.

El efecto descrito con anterioridad es similar al encontrado en la Península de Baja California donde encontramos mayor concentración de especies en el área más cercana al continente, aun cuando existe una gran diferencia entre estas dos penínsulas, puesto que la península de Yucatán es un área donde la diversidad de ambientes es menor que en la Península de Baja California, además de ser un área con una geomorfología más simple al no presentar grandes sierras y montañas. Sin embargo, el autor divide a la Península de Yucatán en cuatro áreas, la parte norte con mayor aridez, el centro siendo una zona de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, la zona sur con una mayor humedad y precipitación y el área de la Isla de Cozumel con un bosque tropical caducifolio. Esto nos da una idea del gradiente de clima y vegetación que encontramos en dicha península la cual influye en los resultados que obtuvieron que, aunque los autores no están convencidos de que hablemos de un efecto peninsular, podríamos decir que sí cumple con las características

de cierto efecto a pesar de que el motivo sea diferente al encontrado en la Península de Baja California.

Uno de los patrones que podemos encontrar en la península de Baja California es que en el norte hay una mayor concentración de especies comparada con el sur (Figura 2c). Este resultado, si lo comparamos con el trabajo de García-Trejo y Navarro (2004), realizado en la costa oeste de México con las aves presentes en el área de estudio, podemos observar un patrón opuesto al encontrado en la península, donde el mayor número de especies la encontramos al sur en comparación con el norte.

Este patrón presentado al oeste de México podría deberse a el efecto que tiene la cercanía a los trópicos y el aumento de la productividad en la riqueza de las especies (Klaus Rhode, 1992; Wier y Schulter, 2007; Pearson y Carroll, 1998). Si observamos solo la figura 2d, las especies endémicas de la península de Baja California pareciera que siguen ese mismo patrón al mostrar una mayor riqueza conforme se avanza al sur. Podríamos deber el efecto de la riqueza de las especies endémicas a que el sur de la península es más cerca del trópico, sin embargo, este patrón no es el que predomina en esta área.

La dirección que presenta la península nos haría pensar que el patrón descrito con anterioridad es el que predomina, sin embargo, la parte más distal de la península de Baja California que se encuentra más alejada del continente presenta especies que se han sabido adaptar el clima y al aislamiento en el que viven (Means y Simberloff, 1987). Mismo efecto que sucede con las especies endémicas de la península de Yucatán (Cortez-Rámirez, et al., 2012) donde al norte, en la parte más distal de la península, encontramos mayor riqueza de especies endémicas. Esto nos hace pensar que no importa la dirección que tenga la

península, siempre en la parte más distal tendremos mayor riqueza de especies endémicas y menos riqueza de especies residentes no endémicas.

Avifauna de la Península de Baja California y la aplicabilidad de la Teoría Peninsular

La teoría del efecto peninsular establece que la riqueza de especies en una península es mayor en las regiones más cercanas al continente y disminuye hacia la parte más alejada. Este patrón biogeográfico lo describió Simpson (1964), tomando como modelo de estudio los mamíferos de América del Norte; no obstante, este mismo patrón biogeográfico se ha observado en distintas regiones y en diferentes grupos taxonómicos (Simpson 1964, Cook 1969, Kiester 1971). Específicamente en la península de Baja California se han realizado estudios con insectos (Brown 1987), mamíferos, aves y reptiles (Taylor y Regal 1978), y se ha observado el efecto peninsular. En relación con las aves, y haciendo una distinción entre especies endémicas y no endémicas, se observa un patrón similar al propuesto por Simpson (1964).

A largo de la península existen algunas regiones de mayor riqueza, por ejemplo, las Sierras de Juárez, San Pedro Mártir, la sierra de la Giganta y el sur de la Sierra de la Laguna; pero también otras regiones con menor riqueza, por ejemplo, el desierto del Vizcaíno. Sin embargo, de manera general, se observa una tendencia a la disminución de las especies conforme se avanza hacia la parte más distal, creando una gradiente de disminución de norte a sur.

Estos picos de mayor riqueza a su vez demuestran la existencia de un patrón insular de las especies, esto debido a los ecosistemas tan variados que encontramos a lo largo de la península. Pozo y Bousquets (2001) establecen que este efecto insular se puede dar por aislamiento y la tasa de recambio de especies, lo que genera que exista una mayor concentración de especies en áreas específicas. En el caso de la península de Baja California, las sierras que la conforman presentan ecosistemas de montaña muy diferentes a los que encontramos a menor altitud, siendo zonas áridas, por lo que es de esperarse que la diversidad de especies sea diferente en sus picos y se genere este efecto de aislamiento en dichos sitios de mayor altitud.

Comparativamente los MDEs y otros tipos de modelo para estimar el efecto peninsular en la misma área de estudio, han generado resultados similares. Taylor y Regal (1978), realizaron un modelo de extinción-recolonización para determinar si realmente existe un efecto peninsular en el área, los resultados de dicho modelo son positivos a la teoría, pero sus conclusiones no dejan claro si realmente existe un efecto peninsular. Ellos realizaron un análisis de los datos recabados por Friedman et al (1957), Stebbings (1954), Hall y Kelson (1959) y Savage (1960) para diferentes grupos de especies en los que se encontraba una disminución de la riqueza de dichos grupos conforme se avanzaba al sur de la península. Taylor y Regal se enfocaron en el grupo de mamíferos roedores, ya que es el grupo que más disminución de riqueza presentó, y realizaron un modelo matemático de extinción-recolonización, a pesar de que el modelo sí les confirma un efecto peninsular, ellos concluyen que se puede deber a que el grupo utilizado para el análisis se presta para obtener dicho resultado, y que este podría variar según el grupo de especies que se trabaje.

La forma, tamaño y dirección de la península podría ser otra razón para que el efecto peninsular sea evidente en el grupo de las aves. La geomorfología de la Península de Baja California es idónea para evaluar esta teoría ya que, al ser un área con sus límites bien definidos al estar rodeada de agua, además de estar aislada del resto del continente, excepto por su parte norte, y tener una gran diversidad de ambientes, desde matorrales xerófilos, desiertos hasta manglares y bosques de pino-encino, hacen de este sitio un laboratorio natural. Los resultados obtenidos por los modelos de distribución de especies obtenido y el ANOSIM demuestran un efecto peninsular en el área, debido a que el mayor número de especies se distribuye cercano al continente y disminuye progresivamente al sur, donde la diversidad se vuelve más endémica.

CONCLUSIÓN

Los MDEs permiten distinguir patrones de diversidad de aves en la Península de Baja California. Se construyeron 111 modelos específicos para determinar los rangos de distribución actual, que son fundamentales para establecer programas de manejo actuales. Se evaluó el efecto peninsular los MDE, los resultados nos demuestran que sí existe dicho patrón de mayor diversidad cercana al continente en la Península de Baja California. Sin embargo, un patrón muy relevante fue reconocer zonas con alto número de especies en las regiones medias y sur de la Península, pero este patrón esta influenciado por el alto grado de endemismo en zonas como Sierra La Laguna, Sierra La Giganta y Sierra San Pedro. Los modelos de distribución de especies han demostrado ser herramientas eficientes para la caracterización de los nichos en la Península de Baja California.

REFERENCIAS

Amador, E., Palacios, E., Mendoza-Salgado, R., y de Anda-Montañez, J. A. (2011). Uso de hábitat y composición de la avifauna en tres zonas de manglar de Baja California Sur. Los Manglares de la Península de Baja California, 235.

Amador, E., Mendoza-Salgado, R., y de Anda-Montañez, J. A. (2006). Estructura de la avifauna durante el periodo invierno-primavera en el Estero Rancho Bueno, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *77*, 251-259.

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. (2002). "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga L, Rodriguez-estrella R, Ortega-rubio A. (1990). Endemic hummingbirds and madrones of Baja: Are they mutually dependent? Southwest Nat. 35: 76–79.

Battisti, C. (2006). 'Peninsula effect'and Italian peninsula: Matherials for a review and implications in applied biogeography. Biogeographia–The Journal of Integrative Biogeography, 27(1).

Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V. M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L. A., Ortega-Álvarez, R., y Calderón-Parra, R. (2015). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. *Conabio, México DF*.

Booth, T. H. (2022). Checking bioclimatic variables that combine temperature and precipitation data before their use in species distribution models. Austral Ecology, 47(7), 1506-1514.

Carmona, R., Brabata, G., Brito, A. C., y Peralta, A. G. (2003). Observaciones recientes de aves en el oasis de La Purísima, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, *74*, 43-52.

Carmona, R., & Danemann, G. (1998). Distribución espaciotemporal de aves en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, *24*, 389-408.

Castillo, M., Michán, L., & Martínez, A. L. (2014). La biocuración en biodiversidad: proceso, aciertos, errores, soluciones y perspectivas. Acta botánica mexicana, (108), 81-103.

Castro-Torreblanca, M., Blancas-Calva, E., Rodríguez-Mirón, G. M., y Espinosa-Organista, D. N. (2014). Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*, 823-830.

Chesser, R. T., S. M. Billerman, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, B. E. Hernández-Baños, A. W. Kratter, I. J. Lovette, N. A. Mason, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., D. F. Stotz, and K. Winker. (2021). Check-list of North American Birds (online). American Ornithological Society https://checklist.americanornithology.org/taxa.

Cobos, M. E., Peterson, A. T., Barve, N., & Osorio-Olvera, L. (2019). kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. PeerJ, 7, e6281.

Cook, R. E. (1969). Variation in species density of North American birds. Systematic Biology, 18(1), 63-84.

Cortés-Ramírez, G., Gordillo-Martínez, A., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2012). Patrones biogeográficos de las aves de la península de Yucatán. Revista mexicana de biodiversidad, 83(2), 530-542.

Dávalos-Sotelo, R. (2016). The role of scientific research in the creation of natural protected areas. *Madera y bosques*, *22*(1), 7-13.

Dinerstein, E., Olson, D., et al. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. BioScience, 67(6), 534-545.

Due, A. D., & Polis, G. A. (1986). Trends in scorpion diversity along the Baja California peninsula. The American Naturalist, 128(4), 460-468.

Escalante, T., Espinosa, D., y Morrone, J. J. (2002). Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. Acta zoológica mexicana, (87), 47-65.

Escobar, L. E., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., & Townsend Peterson, A. (2014). Potential for spread of the white-nose fungus (Pseudogymnoascus destructans) in the Americas: use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. Geospatial Health, 9(1), 221–229. https://doi.org/10.4081/gh.2014.19

Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.

González-Rubio C, García-De León F, Rodríguez-Estrella R. (2017). Morpological Dimorphism Varies Across the Endemic Xantus' Hummingbird (Hylocharis xantusii) Genetic Populations in the Baja California Peninsula. Acta Zool Mex. 33: 431–442.

Grinnell, J. 1928. A distributional summation of the ornithology of Lower California. Univ. California Publ. Zool., 32, 1-300.

Guisan, A., y Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, *8*, 993-1009.

Hominick, W. M. (2002). Biogeography. Entomopathogenic nematology, 1, 115.

Kiester, A. R. (1971). Species density of North American amphibians and reptiles. Systematic Zoology, 20(2), 127-137.

Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P., y Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. Acta universitaria, 25(2), 03-19.

Martínez-Meyer, E. (2005). Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity Informatics, 2*, 42-55.

Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., y Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, *84*, 217-240.

Means, D. B., & Simberloff, D. (1987). The peninsula effect: habitat-correlated species decline in Florida's herpetofauna. Journal of Biogeography, 551-568.

Mina, F. (1957). Bosquejo geológico del territorio sur de la Baja California. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, *9*, 139-267.

Morrone, J. J. (1994). On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*, *43*, 438-441.

Morrone, J. J. (2001). Sistemática, biogeografía, evolución; los patrones de la biodiversidad en tiempo y espacio. *Las Prensas de Ciencias*, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Morrone, J. J. y Escalante, T. (2002) Parsimony analysis of endemicity (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: when size matters. *Journal of Biogeography*, *29*, 1095-1104.

Mota-Vargas, C., Encarnación-Luévano, A., Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Peña-Peniche, A., y Rojas-Soto, O. R. (2019). Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. En: Moreno CE (Ed) *La biodiversidad en un mundo cambiante:*

Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, 39-63.

Myers, N. (1993). Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental Conservation*, *20*, 9-16.

Navarro-Sigüenza, A. G., Peterson, A. T., y Gordillo-Martínez, A. (2003). Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. *Bulletin-British Ornithologists Club*, *123*, 207-225.

Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., y Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*, S476-S495.

Patten, M. A., Mellink, E., De Silva, H. G., y Wurster, T. E. (2001). Status and taxonomy of the Colorado Desert avifauna of Baja California. *Monographs in Field Ornithology*, *3*, 29-63.

Pearson, D. L., & Carroll, S. S. (1998). Global patterns of species richness: spatial models for conservation planning using bioindicator and precipitation data. Conservation biology, 12(4), 809-821.

Peterson, A. T. (2001). Predicting species' distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*, *103*, 599-605.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., y Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.

Phillips, S. J. (2005). A brief tutorial on Maxent. AT&T Research, 190(4), 231-259.

Pozo, C., & Bousquets, J. L. (2001). La teoría del equilibrio insular en biogeografía y bioconservación. EN LATINOAMÉRICA, 95.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2019). La Relevancia de las aves en México. Gobierno de México.

Real, R. (1992). Las tendencias geográficas de la riqueza específica. *Monografías de Herpetología 2*, 85-94.

Real Academia Española. (s.f.). Península. En Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). https://dle.rae.es/pen%C3%ADnsula

Riemann, H., Santes-Álvarez, R. V., y Pombo, A. (2011). El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local: El caso de la península de Baja California. *Gestión y Política Pública*, *20*, 141-172.

Rodríguez-Estrella R. (1997). Factores que condicionan la distribución y abundancia de las aves terrestres en el desierto xerófilo de Baja California Sur, México. El efecto de los cambios en el hábitat por la actividad humana. Universidad Autónoma de Madrid.

Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez- Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M. I., Ressl, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo- Mac Donald, L. y Galindo-Leal, C. 2013. Manglares de México/ Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.

Rohde, K. (1992). Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. Oikos, 514-527.

Rojas Soto, O. R., Alcántara Ayala, O., y Navarro, A. G. (2003). Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of

endemicity and distributional modelling approach. *Journal of Biogeography*, *30*, 449-461.

Ron, S. R. (2000). Biogeographic area relationships of Neotropical lowland rainforest based on raw distributions of vertebrate groups. *The Biological Journal of the Linnean Society*, *71*, 379-402.

Rosete Vergés, F. A., Pérez Damián, J. L., y Bocco, G. (2008). Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas*, *67*, 39-58.

Ruggiero, A., y Ezcurra, C. (2003). Regiones y transiciones biogeográficas: Complementariedad de los análisis en biogeografía histórica y ecológica. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, 141-154.

Ruiz-Campos, G., Contreras-Balderas, A. J., Rodríguez-Meraz, M., y Valles-Ríos, M. E. (2004). Catálogo de especímenes recientes de aves de las sierras Juárez y San Pedro Mártir, e inmediaciones, noroeste de Baja California, México. *Cotinga*, *21*, 45-58.

Ruiz-Campos, G., Palacios, E., Castillo-Guerrero, J. A., González-Guzmán, S., y Batche-González, E. H. (2005). Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, *31*, 553-576.

Sánchez-Crispín, Á., y Propin-Frejomil, E. (2011). Transporte y turismo en la península de baja california, México. Revista Transporte y Territorio, (5), 48-71.

Soberón, J., Osorio-Olvera, L., y Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. Revista mexicana de biodiversidad, 88(2), 437-441.

Soberón, J., y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas.

Weir, J. T., & Schluter, D. (2007). The latitudinal gradient in recent speciation and extinction rates of birds and mammals. Science, 315(5818), 1574-1576.

Wilbur, S. R. (1987). Birds of Baja California. Univ of California Press. Berkeley and Los Angeles, California.

Zavala, C. S., Contreras, A. L., Belda, D. L., y Rivera, E. D. (2009). Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera*, *3*.

ANEXOS

Anexo. 1.- Tabla de especies modeladas con número de registros, número de variables utilizadas para realizar los modelos y valor de corte al 10 percentil para la binarización de los modelos.

Tipo de distribución	Especie	Registros	Variables	Valor de corte
Endémicas	*Turdus confinis*	29	6	0.039
	Melanerpes angustifrons	21	7	0.297
	Glaucidium hoskinsii	16	5	0.279
	Basilinna xantusii	83	12	0.060
	Junco bairdi	39	5	0.055
	Geothlypis beldingi	61	5	0.102
	Melospiza rivularis	14	10	0.210
	Melozone albigula	59	9	0.052
	Patagioenas vioscae	18	5	0.258
	Toxostoma cinereum	265	10	0.073
	Toxostoma arenicola	16	13	0.282

	Camphylorhynchus affinis	80	10	0.019
	Corthylio obscurus	2	NA	NA
Residentes	*Callipepla gambelii*	1098	7	0.272
	Callipepla californica	2177	8	0.297
	Oreortyx pictus	856	9	0.263
	Calypte costae	1031	9	0.228
	Melanerpes uropygialis	794	9	0.221
	Dryobates nuttallii	2041	9	0.364
	Colaptes chrysoides	857	9	0.258
	Gymnorhinus cyanocephalus	1648	10	0.307
	Nucifraga columbiana	1465	9	0.318
	Poecile gambeli	1875	9	0.353
	Baeolophus inornatus	2427	9	0.342
	Polioptila californica	176	10	0.271
	Polioptila melanura	2137	9	0.296
	Chamaea fasciata	1469	9	0.345

Toxostoma redivivum	1384	10	0.349
Toxostoma crissale	1501	8	0.318
Toxostoma lecontei	1190	9	0.345
Melozone aberti	1549	7	0.205
Artemisiospiza belli	2209	9	0.265
Agelaius tricolor	1335	9	0.254
Spinus lawrencei	1802	9	0.260
Cathartes aura	1584	8	0.404
Pandion haliaetus	1070	8	0.384
Elanus leucurus	1012	9	0.192
Haliaetus leucocephalus	940	8	0.412
Circus hudsonius	1425	7	0.470
Accipiter cooperii	1436	8	0.406
Parabuteo unicinctus	558	10	0.307
Buteo lineatus	513	9	0.216
Buteo swainsoni	1227	8	0.405

Buteo jamaicensis	47953	8	0.449
Aquila chrysaetos	20644	7	0.435
Falco sparverius	35941	8	0.441
Falco mexicanus	3131	8	0.416
Falco peregrinus	14953	8	0.426
Patagioenas fasciata	1529	8	0.205
Zenaida asiatica	1751	8	0.292
Zenaida macroura	41319	8	0.441
Columbina passerina	735	9	0.268
Geococcyx californianus	797	9	0.373
Tyto alba	1823	9	0.276
Bubo virginianus	3353	8	0.374
Athene cunicularia	1706	8	0.310
Asio otus	1195	8	0.352
Chordeiles acutipennis	1416	9	0.379
Phalaenoptilus nuttallii	1123	8	0.400

Aeronautes saxatalis	2885	8	0.374
Calypte anna	2100	9	0.332
Melanerpes formicivorus	1736	9	0.231
Dryobates scalaris	1438	9	0.347
Leuconotopictus villosus	2452	8	0.334
Colaptes auratus	3625	8	0.390
Sayornis nigricans	2638	9	0.325
Sayornis saya	35527	8	0.440
Pyrocephalus rubinus	1129	9	0.297
Myiarchus cinerascens	3830	8	0.388
Tyrannus vociferans	1695	9	0.330
Lanius ludovicianus	25961	9	0.422
Vireo huttoni	1174	9	0.274
Aphelocoma californica	1691	9	0.226
Corvus brachyrhynchos	2282	8	0.308
Corvus corax	50842	8	0.477

Eremophila alpestris	21968	8	0.434
Tachycineta thalassina	24727	8	0.425
Auriparus flaviceps	12757	10	0.359
Psaltriparus minimus	28149	9	0.389
Sitta carolinensis	23712	7	0.386
Sitta pygmaea	8933	8	0.361
Campylorhynchus brunneicapillus	11765	10	0.407
Salpinctes obsoletus	4067	8	0.426
Catherpes mexicanus	2476	8	0.350
Thryomanes bewickii	3180	8	0.361
Troglodytes aedon	3245	8	0.425
Cistothorus palustris	8911	8	0.339
Polioptila caerulea	21992	6	0.439
Sialia mexicana	33318	9	0.398
Myadestes townsendi	4140	7	0.344
Turdus migratorius	11564	7	0.350

Mimus polyglottos	36044	8	0.421
Phainopepla nitens	18123	9	0.427
Setophaga petechia	22748	6	0.423
Geothlypis trichas	14626	8	0.390
Pipilo maculatus	30348	8	0.407
Aimophila ruficeps	7526	9	0.351
Amphispiza bilineata	2442	8	0.272
Passerculus sandwichensis	20003	9	0.384
Melospiza melodia	22074	8	0.397
Cardinalis cardinalis	4547	10	0.980
Cardinalis sinuatus	2099	11	0.268
Passerina versicolor	388	9	0.211
Agelaius phoeniceus	12615	8	0.399
Molothrus ater	27794	8	0.421
Icterus cucullatus	13940	8	0.399
Haemorhous mexicanus	36655	8	0.432

Loxia curvirostra	5887	8	0.296
Spinus pinus	19446	7	0.391
Spinus psaltria	32241	8	0.412
Corthylio calendua	31119	8	0.428
Megascops kennicottii	7596	8	0.296
Empidonax difficilis	13733	9	0.353

Anexo 2. Mapas generados por medio de la metodología descrita para cada una de las especies de estudio donde se muestra la distribución espacial de cada una.



A. belli



A. bilineata



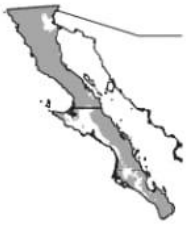
A. californica



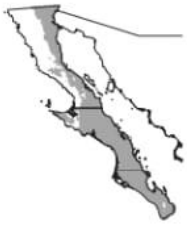
A. chrysaetos



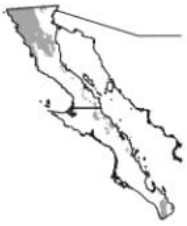
A. cooperii



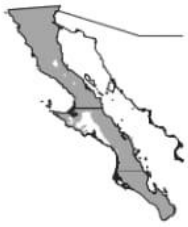
A. cunicularia



A. flaviceps



A. otus



A. phoeniceus



A. ruficeps



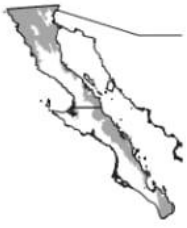
A. saxatalis



A. tricolor



B. inornatus



B. jamaicensis



B. lineatus



B. swainsoni



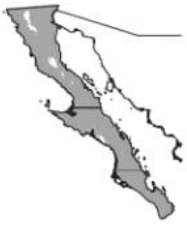
B. virginianus



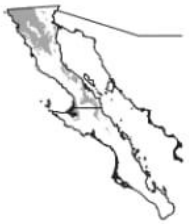
C. acutipennis



C. anna



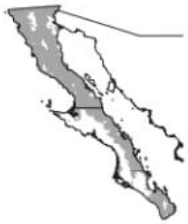
C. aura



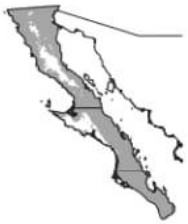
C. auratus



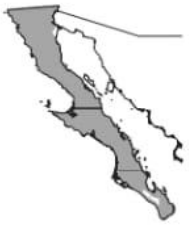
C. branchyrhynchos



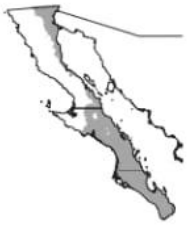
C. brunneicapillus



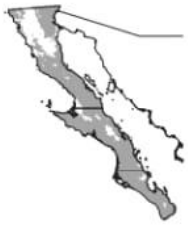
C. calendula



C. californica



C. cardinalis



C. chrysoides



C. corax



C. costae



C. fasciata



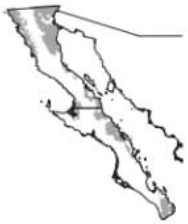
C. gambelii



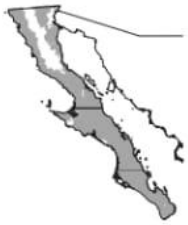
C. hudsonius



C. mexicanus



C. palustris



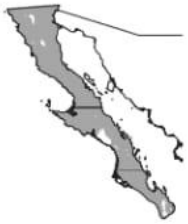
C. passerina



C. sinuatus



D. nuttallii



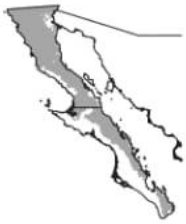
D. scalaris



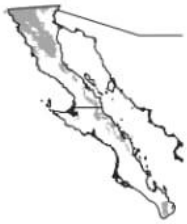
E. alpestris



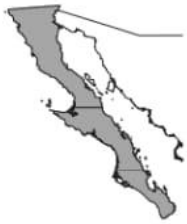
E. difficilis



E. leucurus



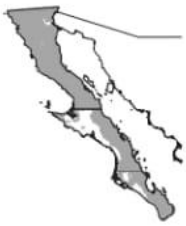
F. mexicanus



F. peregrinus



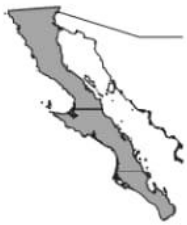
F. sparverius



G. californianus



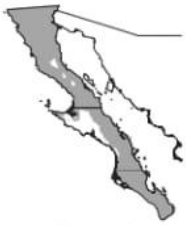
G. cyanocephalus



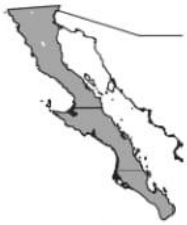
G. trichas



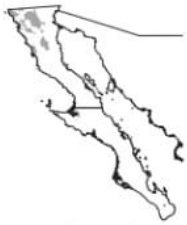
H. leucocefalus



H. mexicanus



I. cucullatus



L. curvirostra



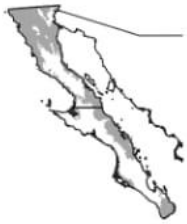
L. ludovicianus



L. villosus



M. aberti



M. ater



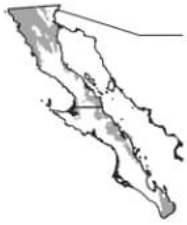
M. cinerascens



M. formicivorus



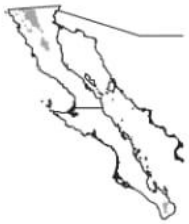
M. kennicottii



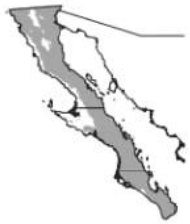
M. melodia



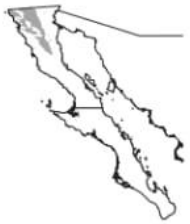
M. polyglotos



M. townsendi



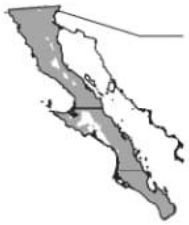
M. uropygialis



N. columbiana



O. pictus



P. caerulea



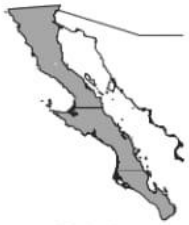
P. californica



P. fasciata



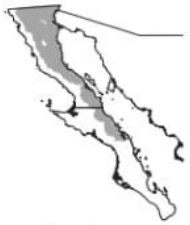
P. gambeli



P. haliaetus



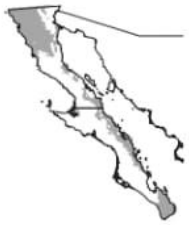
P. maculatus



P. melanura



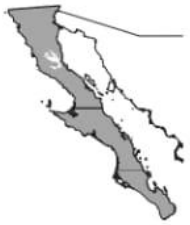
P. minimus



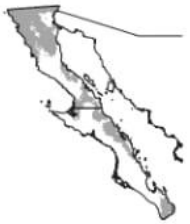
P. nitens



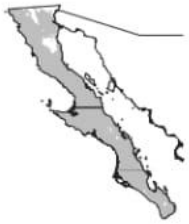
P. nutalii



P. rubinus



P. sandwichensis



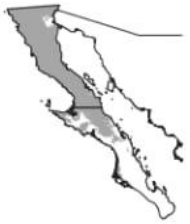
P. unicinctus



P. versicolor



S. carolinensis



S. lawrencei



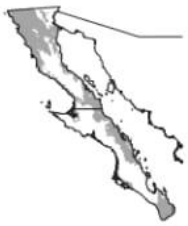
S. mexicana



S. nigricans



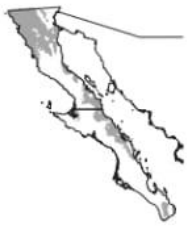
S. obsoletus



S. petechia



S. pinus



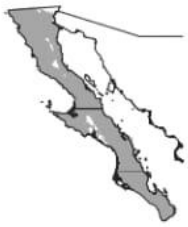
S. psaltria



S. pymaea



S. saya



T. aedon



T. alba



T. bewickii



T. crissale



T. lecontei



T. migratorius



T. redivivum



T. thalassina



T. vociferans



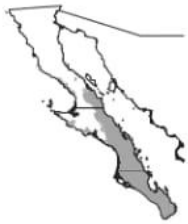
V. huttoni



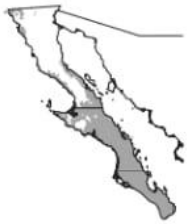
Z. asiatica



Z. macroura



B. xantusii



C. affinis



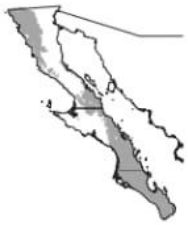
G. beldingi



G. hoskinsii



J. bairdi



M. albigula



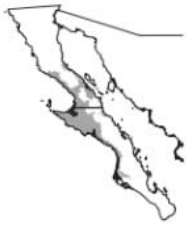
M. angustifrons



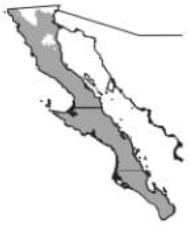
M. rivularis



P. vioscae



T. arenicola



T. cinereum



T. confinis