

BIODIVERSIDAD DE LAS AVES EN MÉXICO

Adolfo G. Navarro-Sigüenza ¹

Ma. Fanny Rebón-Gallardo¹

Alejandro Gordillo-Martínez ¹

A. Townsend Peterson ²

Humberto Berlanga-García,³

Luis A. Sánchez-González ^{1, 2}

¹ Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-399, México D. F., 04510, México.

² Biodiversity Research Institute, University of Kansas, Lawrence, Kansas 66045 USA.

³ Iniciativa para la Conservación de las Aves de América del Norte, Dirección Técnica de Análisis y Prioridades, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Colonia Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010, México, DF.

Resumen.— Presentamos un análisis del listado actualizado de las aves de México, que contiene enfoques taxonómicos actuales y abarca todas aquellas especies que tengan registros recientes e históricos de presencia dentro del territorio nacional. Se presenta una síntesis actualizada de la información del taxón con respecto a su riqueza de especies, riqueza taxonómica, estatus estacional, distribución por hábitat, su grado de endemismo y estatus de conservación, así como de los patrones geográficos de la riqueza y el endemismo.

Palabras clave. México, aves, riqueza de especies, endemismo, distribución ecológica, distribución geográfica.

Abstract.— We present a series of analyses of the current list of the birds in Mexico, contrasting modern taxonomic viewpoints and including all species with confirmed recent and historical records within the country. We present also an updated synthesis of the taxon in terms of species and taxonomic richness, seasonal status, distribution by habitat, degree of endemism and conservation status, as well as of the geographic patterns of species richness and endemism.

Key Words. Birds, Mexico, species richness, endemism, ecological distribution, geographic distribution.

INTRODUCCIÓN

Las aves han estado en contacto con el hombre de muy variadas formas; de hecho, se cuentan entre los pocos animales verdaderamente silvestres que comparten nuestras actividades cotidianas. En la historia de los pueblos siempre han estado presentes como símbolos mágicos o religiosos, formando parte de la mitología (Navarro 1994). Entre sus principales características y por lo que resultan tan atractivas, están los coloridos plumajes, sus llamativos cantos y la capacidad de volar. Sin embargo, la importancia de las aves en la estructura de los ecosistemas, la diversidad de sus formas, su interesante conducta, el misterio de su migración y, sobre todo, la facilidad con que son observadas, las han hecho un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas. Por otro lado, la presencia de las especies de aves está estrechamente relacionada con la condición de los hábitats, pues muchas son sensibles a cambios mínimos en ellos, por lo cual se les considera como buenos indicadores de perturbación (Arizmendi 2001, Şekercioğlu et al. 2004). Además, la cacería, la tala de los bosques, los efectos de los contaminantes y la introducción de fauna exótica en las islas, ha llevado a muchas especies de aves a extinguirse o estar al borde de la desaparición, por lo que se han vuelto un grupo clave en las estrategias de conservación de la biodiversidad.

Las aves pertenecen a un grupo bien definido de reptiles diápsidos llamados Arcosauros, al cual pertenecen también grupos tan conocidos como los cocodrilos, los pterosauros y los dinosaurios. Es un taxón que presenta una serie de sinapomorfías que incluyen la presencia de fenestras anteorbitales y una articulación intertarsal, entre otras características (Serenó y Arcucci 1991). La posición de las aves dentro de los Arcosauria y en un clado llamado Dinosauria ha sido discutida recientemente por múltiples autores, pero una síntesis actualizada puede encontrarse en Dyke y Kaiser (2011). Las aves vivientes forman un grupo homogéneo de vertebrados endotermos, ovíparos, que presentan un pico córneo, cuyo cuerpo está cubierto con plumas y tienen plumas asimétricas asociadas al vuelo en las extremidades anteriores (Gill 2006). Esta combinación única de características confiere a las aves una identidad propia en la actualidad, aunque a lo largo de la evolución las plumas han estado presentes en diferentes estados de desarrollo aún en grupos no voladores de dinosaurios (Prum 2005). El estudio de la evolución de las aves ha sido un tema de actualidad gracias a los múltiples descubrimientos de dinosaurios alados en China (Xu et al. 2004, Turner et al. 2007).

Las aves actuales han diversificado ampliamente, y se encuentran distribuidas por todo el planeta y en todos los ambientes terrestres y acuáticos, excepto los desiertos más calurosos y en

el centro de la Antártida, y constituyen el grupo de vertebrados terrestres más rico en especies. La filogenia de este grupo también ha experimentado cambios importantes a través del tiempo de acuerdo al tipo de caracteres usados en la reconstrucción filogenética (Navarro y Hernández-Baños 1999), y en la actualidad se ha aceptado de manera general la clasificación basada en datos moleculares de Hackett et al. (2008) como la hipótesis más acertada sobre la filogenia de los grupos mayores de aves vivientes.

Conocimiento de la diversidad taxonómica de las aves de México y sus patrones.-- El conocimiento de las aves mexicanas está en estrecha relación con la historia de la exploración biológica de México, que inicia con el conocimiento tradicional indígena y que ha experimentado ciclos importantes de intensidad en la búsqueda de información sobre la diversidad del grupo. Una síntesis de estos patrones históricos de exploración avifaunística se encuentran en Escalante et al. (1998) y Navarro-Sigüenza et al. (2008). Buena parte de este esfuerzo de inventario biológico, al menos desde el siglo XIX hasta finales del siglo XX, ha estado relacionado con la búsqueda de especímenes que permitieran respaldar el conocimiento de la diversidad taxonómica de las aves del país (Peterson et al. 1998).

Las primeras especies de aves de México descritas científicamente se encuentran en los manuscritos generados a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX por José Mariano Mociño, los cuales desafortunadamente no fueron publicados (Navarro-Sigüenza et al. 2007). Las primeras descripciones formales vienen de las recolectas de William Bullock y Ferdinand Deppe, analizadas por Swainson (1827).

Muchos taxones de aves mexicanas fueron descritos por vez primera en los catálogos publicados de las grandes colecciones del mundo, como el del Museo Británico, publicado en 27 volúmenes entre 1874 y 1895 (e.g., Sharpe 1874; Salvadori 1895). En los Estados Unidos se generaron tanto el catálogo de aves de Norte y Mesoamérica de Robert Ridgway (e.g., Ridgway y Friedmann 1941-1946, Friedmann 1950), como el Catálogo de Aves de las Américas (Cory et al. 1918-1949). Aunque en todas las publicaciones anteriores existen referencias y datos base de México, la más importante de estas obras es sin duda la *Biologia Centrali Americana* (Salvin y Godman 1879-1904), publicada en cuatro volúmenes sobre aves, producto del análisis de las colecciones obtenidas para el Museo Británico en México y Centroamérica durante finales del siglo XIX. Estos catálogos fueron seguidos como autoridades taxonómicas en diferentes tiempos y por autores mexicanos como Herrera (1898-1914).

El Check-list de aves de México (Friedmann et al. 1950, Miller et al. 1957), ha sido a la fecha el trabajo de actualización taxonómica y distribucional de las aves del país más completo y detallado, y estuvo basado en estudios cuidadosos de las colecciones científicas más importantes. Una importante referencia nomenclatural regional fue también la de Eisenmann (1955), la cual surgió ante la falta de una lista de las aves de Mesoamérica, que además trató de dar uniformidad a los nombres comunes en inglés de las especies que habitan desde México a Panamá.

A partir de esas obras, la referencia taxonómica de aves mexicanas se encuentra en revisiones de áreas mayores, como Norteamérica, o en las compilaciones de referencia nomenclatural para las aves del mundo, siendo especialmente notable la lista de las aves del mundo iniciada por Peters (1931) y continuada a su muerte por otros ornitólogos asociados principalmente al Museum of Comparative Zoology entre 1931 y 1978. Esta lista ha sido la base para muchos de los tratamientos más recientes y usados como los de Morony et al. (1975), Sibley y Monroe (1990), Dickinson (2003) y Clements (2007).

La American Ornithologists' Union a través de sus diversas ediciones del Check-list de aves de Norteamérica (e.g., AOU 1998) y sus adendas (e.g. Chesser et al. 2013), que abarcan geográficamente todo el subcontinente Norteamericano al sur hasta Panamá, ha sido la autoridad principal para la sistemática de las aves de México a partir de su sexta edición (AOU 1983). Sin embargo, el punto de vista taxonómico de esta lista es muy conservador, apegado a principios de trabajo que se han establecido desde las primeras versiones. Algunos enfoques alternativos han aparecido, y debido a la difusión y a la amplitud del público a la que se ha dirigido han tenido un impacto importante en diversas actividades de conocimiento y conservación de aves mexicanas. Las guías de campo, dirigidas principalmente a los observadores de aves (ver Gómez de Silva y Alvarado-Reyes 2010) han servido también como marco taxonómico para elaborar diversos listados faunísticos. Puesto que los autores de algunas de las guías muchas veces tienen información de primera mano acerca de las aves en el campo (vocalizaciones, morfología, comportamiento) y apoyan sus textos e ilustraciones en ejemplares de museos, fácilmente se dieron cuenta de la complejidad evolutiva de la avifauna. Por ello, tanto la guía de Davis (1972) como la de Howell y Webb (1995) contienen puntos de vista taxonómicos novedosos. Aunque varios de esos cambios son correctos, otros fueron hechos sin cuidado en la formalidad taxonómica, pero sirven como hipótesis de referencia para trabajos posteriores.

Recientemente han aparecido en la literatura listas de aves que contrastan diferentes conceptos de especie, aplicados a grupos particulares o a avifaunas de regiones grandes o países,

en las que se expresa además la importancia del correcto reconocimiento de entidades naturales para el estudio de la biodiversidad y conservación (Hazevoet 1996, Helbig et al. 2002). En particular para México, una primera aproximación se realizó aplicando diferentes conceptos de especie a la avifauna mexicana y su efecto en las prioridades de conservación (Peterson y Navarro 1999). Posteriormente, y tras un análisis que involucró revisión general de especímenes de virtualmente todas las especies de aves de México para detectar patrones discretos de variación morfológica, apoyados por datos preexistentes de genética y conducta, Navarro-Sigüenza y Peterson (2004), propusieron una taxonomía de las aves de México, con base conceptos alternativos de especie. En esta revisión, 135 especies biológicas (*sensu* AOU 1998) fueron divididas en 323 especies evolutivo/filogenéticas, de las cuales 122 fueron “nuevos” endémicos a México, representando una hipótesis novedosa acerca de la diversidad de la avifauna del país.

Algunas críticas surgieron acerca del enfoque seguido para producir este primer listado (e.g., Remsen 2005, Peterson and Navarro-Sigüenza 2006). En un trabajo posterior (Peterson y Navarro-Sigüenza 2009), retomaron el listado original, evaluándolo a la luz de nuevas publicaciones y fuentes de información, especialmente trabajos que abarcan la filogeografía y filogenia de varios de los grupos propuestos. Al final, se concluyó que un enfoque alternativo produce una taxonomía más consistente con la realidad biológica de la avifauna del país (Peterson y Navarro-Sigüenza 2009), que tiene repercusiones también en las listas de aves de Norte y Centroamérica. Varios de los cambios propuestos en estos análisis han sido adoptados recientemente por el comité que genera la lista de especies de aves del mundo del *International Ornithological Committee* (IOC; Gill y Donsker 2013), cuyo punto de vista taxonómico intenta reflejar de manera precisa los patrones de la variabilidad de las entidades evolutivas que componen la diversidad biológica, así como darles una identidad nomenclatural.

Los puntos de vista taxonómicos tienen impacto en los análisis de patrones geográficos de la diversidad y el endemismo (Peterson y Navarro 2009). Sin embargo, todos esos análisis coinciden en que la avifauna de México representa un ejemplo más de la complejidad biológica del país: una zona de alta diversidad, producto de la interacción de muchos factores históricos, ecológicos y evolutivos (Escalante et al. 1993, Navarro y Sánchez-González 2003). El trabajo de Griscom (1950) fue el primero que analizó la composición de la avifauna (especies y subespecies) desde un punto de vista histórico, destacando componentes de diverso origen biogeográfico. Posteriormente Goldman (1951) analizó la distribución de las especies de aves con base en zonas de vida, posteriormente Phillips (1961, 1970) analizó la distribución de las aves mexicanas desde

un punto de vista geográfico con el objeto de integrar información ornitológica a aspectos de conservación. Sin embargo, existe un importante hueco de avance en el conocimiento geográfico de la diversidad ornitológica hasta que Escalante et al. (1998) hicieron un análisis detallado de la diversidad de las aves terrestres en México desde un punto de vista biogeográfico moderno. Este análisis sirvió de base y referencia para estudios posteriores desde una perspectiva nacional (e.g., Flores Villela y Navarro 1993). Generalidades de los patrones de riqueza y endemismo de las aves han sido también tocados en el marco de las estrategias de conservación de la biodiversidad nacional por Koleff et al. (2008) y Navarro-Sigüenza et al. (2011). Para las aves acuáticas (marinas y de agua dulce), el conocimiento de patrones generales de distribución ha sido menos intensivo a lo largo del tiempo; el único análisis general es el de Ramírez-Bastida et al. (2008), quienes analizaron la distribución potencial de las aves acuáticas de México desde un punto de vista de conservación.

El presente trabajo representa una fase más del muy largo proceso de publicación de la información generada por el proyecto denominado "*Atlas de las aves de México*", el cual inició aproximadamente en 1990 como una respuesta a la tangible falta de información actualizada, generada en el país, sobre la distribución y sistemática de la avifauna de México (Navarro et al. 2003). Los objetivos principales son el presentar un análisis del listado de las aves de México que contenga enfoques taxonómicos actuales, que abarque todas aquellas especies que tengan registros recientes e históricos de presencia dentro del territorio nacional, y posteriormente proveer de una síntesis actualizada de la información del taxón con respecto a su estatus estacional, distribución por macro hábitat, endemismo y estatus de conservación.

MÉTODOS

Los análisis presentados se refieren a las aves cuya distribución permanente, accidental o temporal abarca los límites políticos de la República Mexicana, incluyendo el área oceánica determinada como Zona Económica Exclusiva y las áreas insulares contenidas en ésta (e.g., Isla Guadalupe, Islas Revillagigedo, Arrecife Alacrán). Las fuentes principales de datos para los análisis son los datos de ejemplares obtenidos de colecciones biológicas de más de 400 mil registros de especímenes de cerca de 80 colecciones biológicas distribuidas en todo el mundo (ver Agradecimientos), datos observacionales provenientes de la página de aVerAves (<http://www.averaves.org/>) y referencias bibliográficas de las aves de México desde 1825 hasta

2013, recopilados en la base “Bibliografía de las aves de México” (Rodríguez-Yáñez et al. 1994, Navarro-Sigüenza et al., en prep.).

Puesto que no es objetivo de este trabajo el analizar o dar recomendaciones de la taxonomía, sino presentar los patrones generales de la diversidad, en general se sigue la nomenclatura de la última versión del Check-list de AOU (1998), incluyendo el suplemento más reciente (Chesser et al. 2013). En algunos análisis, que se indican claramente, se incluyen comparaciones con la nomenclatura seguida por Gill y Donsker (2013) y Navarro-Sigüenza y Peterson (2004), quienes incluyen enfoques alternativos en la delimitación de especies. Para comparaciones de la riqueza y porcentaje de endemismo de especies de México contra los demás países del mundo, nos basamos en la información contenida en la base de datos de Avibase (Lepage 2013) y para los países de la región Neotropical en la lista del South American Classification Committee de la American Ornithologists' Union (Ramsen et al. 2013).

Para asignar la categoría de endemismo de aves de México se siguió el criterio que define un taxón endémico como aquel cuya área total de distribución (que es la sumatoria de las diferentes áreas temporales que presente un taxón en un ciclo anual, en caso de haber varias) no sobrepasa los límites de la cobertura geográfica determinada para este trabajo. En el caso de que el área de distribución total o parcial (estacional) de la especie se extienda fuera de esta área, se denominarán especies cuasiendémicas (su distribución se extiende ligeramente fuera de los límites políticos de México) o semiendémicas (endémicas durante parte de su ciclo de vida anual) de acuerdo a González-García y Gómez de Silva (2003).

La clasificación de la presencia estacional para esta lista ha sido modificada y adaptada de Pettingill (1969) y Navarro y Benítez (1993). Las categorías utilizadas son: 1) *Residentes Permanentes*: Especies que se encuentran presentes en México a lo largo de todas las estaciones del año. 2) *Residentes Temporales*: Especies que se encuentran presentes en México solamente una parte del año. Estas a su vez se dividen en: a) Residentes de verano, las especies de aves que se encuentran en un área durante el verano, vienen a México en primavera para anidar y se regresan en otoño; b) Visitantes de invierno: son las especies de aves que se encuentran en México en invierno, habiendo venido de sus sitios de anidación, y parten en primavera; c) Transitorias o de paso: especies de aves que se detienen temporalmente en algún área de México durante su migración al sur en otoño y durante su migración al norte en primavera; d) Vagabundas: son especies de aves que realizan movimientos a lo largo y ancho de las zonas pelágicas y paran corto tiempo en algunas islas o en el continente para reproducirse o utilizar

algún recurso y se vuelven al mar; e) Accidentales: Especies de aves que se registran sólo ocasionalmente en el área, resultado de que se desvían de su ruta o área de distribución nuclear.

El análisis de la distribución por hábitat se realizó de acuerdo con la clasificación en Stotz et al. (1996), en donde se reconocen 41 tipos de hábitat, 27 de los cuales se encuentran en México. De acuerdo con esta misma fuente, a cada especie en la base de datos le fueron asignados los hábitats en los que se encuentra; a partir de esto se generaron listas y se obtuvieron los porcentajes de especies en cada uno de los tipos de vegetación.

Los estatus de conservación anotados en la lista corresponden a los asignados internacionalmente por IUCN (<http://www.iucnredlist.org>) a excepción de las especies asignadas con “least concern” (preocupación menor). Nacionalmente se anotan las categorías asignadas por la 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 (SEMARNAT, 2010). Se analizan además las categorías asignadas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2013).

Para los análisis de los patrones geográficos de riqueza, se utilizó un paquete de mapas de distribución potencial en formato de coberturas digitales para cada una de las especies que se distribuyen en México de manera regular (excluyendo las accidentales, vagabundas y ocasionales) siguiendo la taxonomía de AOU (1998). Los mapas fueron obtenidos utilizando por un lado el modelaje ecológico de la distribución y por otro la gran cantidad de información contenida en colecciones, bibliografía especializada e información reciente de campo para contar con una estimación adecuada de esta área distribucional. Los mapas resumen la distribución de cada especie con base en modelos cuantitativos del nicho ecológico fundamental de cada especie, corridos en el programa desktopGarp v. 1.1.3, utilizando como datos primarios los 453,540 datos georreferidos provenientes de las fuentes de datos listadas en Navarro et al. (2003; ver Agradecimientos). Los mapas representan la distribución nuclear de cada especie, generalmente excluyendo las áreas de tránsito y de distribución ocasional. Los escenarios geográficos de la riqueza de especies fueron obtenidos a través de rutinas contenidas en un Sistema de Información Geográfica comercial (ArcView 3.2; ESRI 2005) mediante la suma de mapas individuales, tanto para aves residentes permanentes como para residentes temporales y endémicas. Estos datos se analizaron con base en las provincias bióticas de Conabio (1997).

RESULTADOS

Patrones de riqueza taxonómica.

La Figura 1a muestra la diversidad de las aves de México en el contexto mundial. De las alrededor de 10488 especies de aves que hay en el mundo (Gill y Donsker 2013), un total de entre 1123 (AOU 2013) y 1150 (Gill y Donsker 2013), cerca del 11% del total mundial, habitan en México, esto es más de las que existen en Estados Unidos y Canadá en conjunto, lo que coloca a México en el 11° lugar de acuerdo a su riqueza avifaunística entre los países megadiversos del mundo. En cuando a las categorías supraespecíficas de aves del mundo, en México se presentan 26 (65%) de los órdenes, 95 (41%) de las familias y 493 (22%) de los géneros (*sensu* Gill y Donsker 2013). Un comparativo del número de taxa de acuerdo a los dos sistemas de clasificación analizados se encuentra en el Cuadro 1.

La Figura 2 muestra la tasa de descripción de especies de aves en México. Se observa que la mayoría de las especies fueron descritas entre la publicación del *Systema Naturae* y mediados del siglo XIX, mientras que durante los siglos XX y XXI la tasa de descripción de especies nuevas ha sido baja, lo que indica que es un grupo relativamente bien conocido taxonómicamente. La curva de acumulación de especies, casi asíntota, indica que la mayor parte de las especies de aves de México ya ha sido descrita.

La presencia estacional de las especies de aves de México se muestra en la Figura 3. Se observa que el 77 % de las especies se reproducen en México. De la avifauna total, la mayor parte son especies residentes permanentes, seguidas en número por las visitantes de invierno y las migratorias de paso. El resto de la avifauna, lo integran especies que no se reproducen en México pero que se encuentran en el territorio en las restantes categorías de estacionalidad. Un total de 57 (4%) especies tienen en México tanto poblaciones residentes como migratorias.

Los patrones generales de distribución ecológica de la riqueza de especies se encuentran en las figuras 4 y 5. De acuerdo con los datos obtenidos, los tipos de vegetación en los cuales se concentran los mayores porcentajes de especies de la avifauna de México se encuentran hábitats de tierras bajas, como la selva alta perennifolia (29%) y la selva baja caducifolia (24%) (Figura 4). Los hábitat de tierras altas concentran valores intermedios de riqueza de especies, como los bosques de pino-encino (19.5%), el bosque mesófilo de montaña (18%) y los bosques de pino (9.5%). Algunos hábitats constituidos principalmente por matorrales pero con altos valores de

riqueza son el matorral árido de tierras bajas (13.5%), el matorral de crecimiento secundario (12.5%) y el matorral árido de tierras altas (11.1%). Los hábitats acuáticos contienen, en comparación, valores bajos de riqueza; destacan los lagos de agua dulce y estanques (6.7%), las aguas costeras (5.4%) y las aguas pelágicas (3.3%).

La relación entre la distribución ecológica y el estatus de residencia mostró que la mayoría de especies en cada hábitat corresponde a especies residentes (Fig. 5). Aunque este patrón es consistente, algunos hábitats acuáticos muestran lo opuesto: a lo largo de las costas y las playas riverinas el mayor porcentaje de especies corresponde a las migratorias, mientras que en playas rocosas, lagos de agua dulce y aguas costeras, el porcentaje es equitativo. Este patrón inverso responde a la cantidad de especies migratorias de aves acuáticas (Anseriformes y Charadriiformes principalmente) que se encuentran en esos hábitat durante el periodo invernal. El mayor porcentaje de especies transitorias para un hábitat es el de las aguas pelágicas: alrededor del 14% de las especies pertenecen a esta categoría, misma que está constituida principalmente por petreles y otras especies de aguas oceánicas (Procellariiformes).

De acuerdo a sus hábitos generales, se observa que un alto porcentaje de las especies (74%) es de hábitos terrestres, siguiendo en porcentajes de importancia las especies acuáticas y las que habitan en ambos tipos de ambiente (Figura 6).

El endemismo en las aves de México

Un total de entre 212 y 241 especies tienen un grado de endemismo a México (Figura 7), lo que representa aproximadamente entre el 18 y 20% del total de especies registrado en el país. La Figura 1b muestra la proporción de especies endémicas con respecto al total en países megadiversos y de la región Neotropical. En México, a pesar de tener un menor número de especies tanto total como endémicas que otros países altamente diversos, se observa que el porcentaje de endemismo es alto, colocando a México en el cuarto lugar mundial en este rubro.

La distribución del endemismo por hábitat mostró patrones interesantes (Fig. 8). El mayor porcentaje de endemismo en la avifauna mexicana se encuentra en los hábitats de montaña, como los bosques de pino-encino (17%), el bosque mesófilo de montaña (11%) y el bosque de pino (10%). Entre los hábitats de tierras bajas, destaca la selva baja caducifolia (16%) y los bosques de galería (8%). El cuasiendemismo mostró aproximadamente el mismo comportamiento aunque es mayor en el manglar (6%), el bosque secundario (6%) y en la selva alta perennifolia (4%). Algunos

hábitats solo contienen especies cuasiendémicas, como las aguas costeras (5%), las playas (4%) y los pastizales húmedos (4%).

Estatus de conservación.

Un total de entre 298 y 388 especies (26-33%) de la avifauna mexicana se encuentra en alguna categoría de amenaza de acuerdo a autoridades nacionales o internacionales. El número de especies que está en cada categoría se encuentra en el Cuadro 2. Destacan entre ellas especies que están incluidas en todos los listados, que se refieren especialmente a especies endémicas de distribución restringida (e.g., *Lophornis brachylopha*, *Rynchopsitta terrisi*, *Cyanlyca nana*) o de amplia distribución pero que se presentan en bajos números poblacionales en hábitats amenazados (e.g., *Ara macao*, *Pharomachrus moccino*).

Patrones geográficos de la riqueza y el endemismo.

La distribución geográfica de la riqueza de especies de aves en México y los patrones emergentes se ilustran en las figuras 8 a 10. La Figura 8 muestra la riqueza de especies registrada por estado, donde se percibe que Oaxaca, Chiapas y Veracruz son los estados más ricos en especies, mientras que los estados menos diversos son aquellos de menor área y complejidad ecológica (DF, Tlaxcala y Aguascalientes). Este patrón de riqueza con base en entidades geopolíticas se contrasta con la distribución modelada de la riqueza total de especies (Fig. 9 a) y la riqueza de especies residentes (Fig. 9 b). Se observa que en ambos casos la mayor concentración de especies se presenta a lo largo de la vertiente del Golfo de México y la Península de Yucatán, especialmente siendo más elevada la riqueza de especies en las zonas de contacto de ambientes montanos y tropicales de tierras bajas, tanto en el Golfo como en la vertiente del Pacífico.

La figura 10 muestra la riqueza modelada de endemismo también comparada con las provincias bióticas de Conabio (1997). En los mapas observamos que a diferencia de la riqueza de especies, la riqueza de especies endémicas (más de 30 especies; Fig. 10 a) y la proporción de especies endémicas (más del 16%, Fig. 10 b), se concentran a lo largo del oeste de México, principalmente en las zonas montanas del Eje Neovolcánico, las Sierras Madres Occidental y del Sur, y la planicie costera del Pacífico. Se observa también un área de alto endemismo en la faja norte de la Península de Yucatán, las montañas de la Región Oaxaqueña y en la Sierra Madre Oriental. Las zonas de mayor porcentaje de endemismo se encuentran en la Cuenca del Balsas y el

Eje Neovolcánico, cuya proporción de especies endémicas representan hasta 26% de la avifauna total.

DISCUSIÓN

Las aves han sido un grupo muy utilizado para el desarrollo de diversas áreas de la ciencia. Por ello, el conocimiento detallado de los patrones de su diversidad es importante, ya que además han sido el grupo modelo para la implementación de estrategias de conservación a nivel nacional e internacional (Berlanga et al. 2010, Navarro-Sigüenza et al. 2011). A través de los diversos análisis presentados aquí, se observa que el conocimiento básico de la diversidad del taxón en México (número de especies y distribución general de la diversidad), se encuentra en un nivel adecuado, siendo uno de los grupos biológicos mejor estudiados.

A diferencia de otros grupos biológicos, podemos decir que en general las especies de aves de México están bien conocidas, por lo que la descripción de nuevas especies en la región es poco frecuente (e.g., Navarro et al. 1992), a comparación de regiones como Asia Tropical, los Andes y la Amazonia (Navarro y Sánchez-González 2003). Sin embargo, el número de especies de aves reconocidas sigue en aumento, y esto es debido principalmente al avance de diversas áreas de la ciencia, como la biología molecular y la bioacústica, y la aplicación de nuevos enfoques en Sistemática y Biogeografía, que están presentando nuevas formas de percibir la diversidad biológica de este taxón (Peterson 1998) . Por lo tanto, se sabe que en varios casos lo que antes considerábamos una especie en realidad está formada por más de una unidad evolutiva (e.g., Milá et al. 2007, García-Trejo et al. 2009). Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que aun haya algunas especies no conocidas en zonas remotas y poco exploradas, y sobre todo especies crípticas que han pasado desapercibidas entre las formas ya conocidas. Un aspecto muy importante relacionado con este punto es que, al descubrir nuevas especies, así como al dividir especies conocidas en varias, se producen cambios importantes en los patrones de riqueza, endemismo y prioridades de conservación del taxón (Peterson y Navarro 1999, Peterson y Navarro-Sigüenza 2009).

Donde existe una mayor contribución de nueva información sobre diversidad de las aves, es en la documentación de sus patrones geográficos y ecológicos. Existe un claro aumento de la bibliografía sobre estudios locales y regionales dentro de México (ver Navarro-Sigüenza et al. 2008), en donde se documentan la riqueza de especies, la composición de las comunidades y las

estimaciones poblacionales (e.g., Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012). Esta información incrementa nuestro conocimiento de la distribución ecológica y la abundancia de las especies en diferentes hábitats y regiones, además de que muchas veces proveen de información nueva acerca de la distribución de las especies en el país, a través de la publicación de nuevos registros distribucionales, generalmente referidos a los estados (e.g., Pineda-López et al. 2012) que en algunos casos involucran especies desconocidas previamente en nuestro país (e.g., Erickson et al. 2001).

La enorme diversidad de aves en nuestro país obedece a distintos factores de orden histórico y ecológico (Escalante et al. 1998). La posición geográfica de México entre dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) y la compleja orografía han producido un mosaico de hábitats y regiones en los cuales distintos procesos de especiación han originado un elevado número de especies endémicas y han posibilitado la existencia de un gran número de especies totales (Fig. 1). México es un país con una elevada diversidad beta (β), es decir, aunque en términos de la superficie territorial de México la diversidad es inusualmente elevada, la orografía ha posibilitado que un mayor número de especies ocupe un número correspondiente de nichos ecológicos a lo largo de los distintos hábitat (Arita y Rodríguez 2002, Arita et al. 2012). Gráficamente, esto puede observarse en las figuras 9 y 10. La mayor concentración de especies residentes, se encuentra en las zonas de colindancia entre la Sierra Madre Oriental y la vertiente del Golfo, mientras que para especies endémicas se observa una franja de alta concentración de especies en la colindancia entre la vertiente sur del Eje Neovolcánico y la Depresión del Balsas, misma que continúa a lo largo de la Sierra Madre Occidental y la vertiente del Pacífico.

En términos de riqueza de especies, la alta concentración puede ser explicada por la gran diversidad de familias (y especies) de origen Neotropical que se han establecido en la región sureste de México (Escalante et al. 1998, Weir et al. 2009), misma que se vio incrementada luego de que distintos eventos promovieran diversificación (García-Moreno et al. 2006, Sánchez-González y Navarro Sigüenza 2009, Barber y Klicka 2010). En cuanto a las especies endémicas, el surgimiento del Eje Neovolcánico, ocurrida entre 23 y 2.5 millones de años (Ferrari et al. 1999, Nieto-Samaniego et al. 2009) propició la diferenciación de distintas especies a lo largo de elevaciones medias en las montañas y en la vertiente del Pacífico (Peterson y Navarro-Sigüenza 1999, Bonaccorso et al. 2010, Ornelas et al. 2013). De acuerdo con lo anterior, es entonces esperable que la mayor diversidad de especies se encuentre en los hábitats de elevaciones medias, como los bosques mesófilos de montaña y de tierras bajas, como la selva alta perennifolia

y la selva baja caducifolia del Pacífico, esto último incrementado notablemente por la cantidad de especies que se han diferenciado en ésta última.

Los datos aquí presentados son de importancia para el entendimiento de los patrones históricos y ecológicos de la diversidad biológica de México, pero también para la conservación (Rojas-Soto et al. 2010), que debe incluir en sus estrategias la preservación de especies endémicas y de distribución muy restringida que están en todas las listas, así como las zonas de alta riqueza y endemismo (Navarro-Sigüenza et al. 2011).

AGRADECIMIENTOS

Al editor Fernando Álvarez Noguera por la invitación a participar en este volumen, y por su infinita paciencia. En diferentes etapas de la creación del Atlas de las aves de México hemos tenido financiamiento de Fondos Sectoriales SEMARNAT-CONACYT, CONACYT, CONABIO, PAPIIT, y el British Council. Para la realización de este manuscrito recibimos apoyo diverso de Patricia Ramírez Bastida, César Ríos, Tania Kobelkoswky, Elsa Figueroa, Víctor Vargas, Rubén Ortega, Vicente Contreras, Octavio Rojas, Claudia Abad, Blanca Hernández y múltiples estudiantes y colegas que han apoyado las labores de captura y georreferenciación de datos. Agradecemos a las colecciones biológicas que nos han proporcionado datos y a los múltiples observadores de aves que han subido sus registros a la base aVerAves.

Literatura Citada

- American Ornithologists' Union. 1983. Check-list of North American Birds, 6th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- American Ornithologists' Union. 1998. Check-list of North American Birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- Arita, H. T. and Rodríguez, P. 2002. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography*, 25: 541–550. doi: 10.1034/j.1600-0587.2002.250504.x
- Arita, H. T., Christen, A., Rodríguez, P. and Soberón, J. 2012. The presence–absence matrix reloaded: the use and interpretation of range–diversity plots. *Global Ecology and Biogeography*, 21: 282–292. doi: 10.1111/j.1466-8238.2011.00662.x
- Arizmendi, M. C. 2001. Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 79:997-1006.
- Barber, B. y J. Klicka. 2010. Two pulses of diversification across the Isthmus of Tehuantepec in a montane Mexican bird fauna. *Proceedings Royal Society B* 277:2675-2681.
- Berlanga, H., J. A. Kennedy, T. D. Rich, M. C. Arizmendi, C. J. Beardmore, P. J. Blancher, G. S. Butcher, A. R. Couturier, A. A. Dayer, D. W. Demarest, W. E. Easton, M. Gustafson, E. Iñigo-Elías, E. A. Krebs, A. O. Panjabi, V. Rodríguez Contreras, K. V. Rosenberg, J. M. Ruth, E. Santana Castellón, R. Ma Vidal, y T. Will. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: La visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab of Ornithology: Ithaca, NY.
- Bonaccorso, E., Peterson, A. T., Navarro-Sigüenza, A. G. y Fleischer, R. C. 2010. Molecular systematics and evolution of the *Cyanocorax* jays. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 897-909.
- CITES 2013. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <http://www.cites.org/esp/>
- Clements, J. 2007. The Clements Checklist of the Birds of the World 6th edition. Christopher Helm.
- Chesser, R. T., R. C. Banks, F. K. Barker, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, y K. Winker 2013. Fifty-Fourth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *Auk*, 130: 558-571.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. 'Provincias biogeográficas de México'. Escala 1:4 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2008. Capital Natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) 2004. Aves. Pp. 40. En: La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado. Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás, F. Jaramillo (editores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 156 p.
- Contreras-Balderas, J., González-Rojas, J., García-Salas, J. A. e Ruvalcaba-Ortega, I. 2008. NUEVO LEÓN. CIPAMEX. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, A. T. (EDS.). Avifaunas estatales de México. CIPAMEX, Pachuca, Hidalgo, México. PP. 165-198.
- Correa-Sandoval, J. C. y Mackinnon, B. H. 2011. Aves. Pp. 252-262. En: Pozo, C., (Editora). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D. F.
- Cory, C. B., C. E. Hellmayr y B. Conover. 1918-1949. Catalogue of birds of the Americas and the adjacent islands in Field Museum of Natural History. including all species and subspecies known to occur in North America, Mexico, Central America, South America, the West Indies, and islands of the Caribbean Sea, the Galapagos Archipelago, and other islands which may properly be included on account of their faunal affinities. Field Museum of Natural History Zoological Series, volume XIII, parts I (1) 1942, (2) 1948, (3) 1948, (4) 1949; II (1) 1918, (2) 1919; III 1924; IV 1925; V 1927; VI 1929; VII 1934; VIII 1935; IX 1936; X 1937; XI 1938. [Parts I (1-4) are by C. E. Hellmayr and B. Conover; II (1-2) by C. B. Cory; III-V by C. B. Cory and C. E. Hellmayr; VI-XI by C. E. Hellmayr.
- Chablé-Santos, J. y Pasos-Enríquez, R. 2010. Aves. Pp. 264-266. En: Durán R. y Méndez, M. (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY- PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p.
- Davis, L. I. 1972. A field guide to the birds of Mexico and Central America. University of Texas Press, Austin TX.
- Dickinson, E. C., Ed. 2003. The Howard and Moore Complete Checklist of the Birds of the World, 3rd ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Dyke, G. y G. Kaiser, ed. 2011. Living Dinosaurs: The Evolutionary History of Modern Birds. John Wiley and Sons.

- Eisenmann, E. 1955. The species of Middle American birds. A list of all species recorded from Mexico to Panama, with suggested English names, outlines of range, and a distributional bibliography. Transactions of the Linnaean Society of New York 7:1-128.
- Erickson, R. A., R. A. Hamilton y S. N. G. Howell. 2001. New information on migrant birds in northern and central portions of the Baja California Peninsula, including species new to Mexico. Pp. 112-170 In: Erickson, R. A. and S.N.G. Howell (Eds) Birds of the Baja California Peninsula: status distribution, and taxonomy. Monographs In Field Ornithology 3. American Birding Association, USA.
- Escalante, P., A. G. Navarro y A. T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México, p. 279-304. In T. P. Ramamorthy, R. Bye, A. Lot and J. Fa (eds.). Diversidad biológica de México. UNAM, México, DF.
- Escalona-Segura, G., Salgado-Ortiz, J., Vargas-Soriano, J. y Vargas-Contreras, J. A. 2010. Aves. Pp. 350-357. En: Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega (Coord.). La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2005. ArcView GIS version 3.2.a. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Fernández, J. A., Windfield-Pérez, J. C. y Corona, M. C. 2007. TLAXCALA. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T. A. (Eds), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 137-164.
- Ferrari, L., M. López-Martínez, G. Aguirre-Díaz y G. Carrasco-Núñez. 1999. Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: from the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt: Geology 27: 303-307
- Flores Villela, O. y A.G. Navarro S. 1993. Análisis de los vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica en México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 44:387-395
- Friedmann, H., L. Griscom y R. T. Moore. 1950. Distributional check-list of the birds of Mexico. Part I. Pacific Coast Avifauna 29: 1-202.
- Gallardo del Ángel, J. C. y Aguilar-Rodríguez, S. H. 2011. Aves. Pp. 559-577. En: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.
- García-Moreno, J., A. G. Navarro, A. T. Peterson y L. A. Sánchez-González. 2004. Genetic variation coincides with geographic structure in the common bush tanager (*Chlorospingus ophthalmicus*) complex from Mexico. Molecular Phylogenetics and Evolution 33:186-196.

- García-Trejo, E. A., A. Espinosa de los Monteros, M. C. Arizmendi y A. G. Navarro-Sigüenza. 2009. Molecular systematics of the red-bellied and golden-fronted woodpeckers. *Condor* 111(3):442-452.
- Garza de León, A., Morán, I., Valdés, F. y Tinajero, R. 2007. COAHUILA. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T. A. (Eds), *Avifaunas Estatales de México*. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 98-136.
- Gill, F. B. 2006. *Ornithology*. Third Edition, WH Freeman and Co., USA.
- Gill, F. y D. Donsker (Eds). 2010. IOC World Bird Names (version 2.5). Available at <http://www.worldbirdnames.org/> [Accessed 5 sept 2010].
- Goldman, E. A. 1951. Biological investigations in Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 115 (13):1-476.
- González García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (Eds.). *Conservación de Aves. Experiencias en México*. CIPAMEX, CONABIO, NFWF, México.
- Griscom, L. 1950. Distribution and origin of the birds of Mexico. *Bulletin Museum of Comparative Zoology* 103:341-382.
- Gurrola-Hidalgo, M. A., Escalante-Pliego, B. P., López-González, A. S. y Sanabria-Ordoñez, F. T. 2012. Aves. Pp. 242-262. En: *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). México. Vol. II. 523 p.
- Hackett, S.J., Kimball, R.T., Reddy, S., Bowie, R.C.K., Braun, E.L., Braun, M.J., Chojnowski, J.L., Cox, W.A., Han, K-L., Harshman, J., Huddleston, C.J., Marks, B.D., Miglia, K.J., Moore, W.S., Sheldon, F.H., Steadman, D.W., Witt, C.C. y Yuri, T. 2008. A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history. *Science* 320, 1763–1768.
- Hazevoet CJ. 1996. Conservation and species lists: taxonomic neglect promotes the extinction of endemic birds, as exemplified by taxa from eastern Atlantic islands. *Bird Conserv. Int.* 6: 181-196.
- Helbig, A. J., A. G. Knox, D. T. Parkin, G. Sangster y M. Collinson. 2002. Guidelines for assigning species rank. *Ibis* 144:518-525.
- Herrera, A. L. 1898-1914. *Ornitología Mexicana*. *La Naturaleza* ser. 2, 3: 129-229, 267-358, 407-547, 563-680; ser. 3, 1(A): 1-232.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press, Oxford, UK.

- Jiménez-Moreno, F. J., López-Téllez, M. C., Méndez-Cuamatzi, R., Pineda-Maldonado, M. A. y Rojas-Soto, O. R. 2011. Aves. Pp. 159-163. En: La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 442 páginas.
- Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. T. Peterson y P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. Pp. 323-364 In: Capital Natural de México. Vol. 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. (J. Soberón, G. Halffter and J. Llorente-Bousquets, comps.). CONABIO, México.
- Lepage, D. 2013. Avibase- the world bird database. <http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=EN>. <3 septiembre 2013>
- Martínez-Morales, M.A., Ortiz-Pulido, R., de la Barreda, B., Zuria, I.L. Bravo-Cadena, J. y Valencia-Herverth, J. 2007. HIDALGO. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 49- 95.
- Milá, B., T. B. Smith y R. K. Wayne. 2007. Speciation and rapid phenotypic differentiation in the yellow-rumped warbler *Dendroica coronata* complex. Mol Ecol. 2007 Jan;16(1):159-73
- Miller, A. H., H. Friedmann, L. Griscom y R.T. Moore. 1957. Distributional Checklist of the birds of Mexico. Part II. Pacific Coast Avifauna 33: 1-436.
- Morony, J., Bock, W. y Farrand, J. 1975. Reference list of the birds of the world. New York: American Museum of Natural History. USA.
- Navarro, A.G. y H. Benítez. 1993. Riqueza y endemismo de las aves de México. Ciencias No. Esp. 7: 45-54.
- Navarro, A.G. 1994. La sistemática ornitológica en México: posibilidades y limitaciones. Pp 471-483 In Llorente, J. e I. Luna (comps.) Taxonomía Biológica. Ediciones Científicas Universitarias, UNAM-Fondo de Cultura Económica, México.
- Navarro, A. G. y B. E. Hernández-Baños. 1999. Filogenia y clasificación de las aves: una nueva visión. Pp 265-295 In: Núñez-Farfán, J. y L. Eguiarte (Comp.) La evolución biológica. Facultad de Ciencias-Instituto de Ecología UNAM y CONABIO, México.
- Navarro, A.G., A.T. Peterson, P. Escalante y H. Benítez. 1992. *Cypseloides storeri* a new species of swift from Mexico. Wilson Bulletin 104 (1):55-64.

- Navarro, A. G. y L. A. Sánchez-González. 2003. La diversidad de las aves. Pp. 24-85 In: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras (Eds.) Conservación de las aves de México. CIPAMEX, CONABIO, NFWF, México.
- Navarro-Sigüenza, A.G., A. T. Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. Pp. 207-225 In: Collar, N., C. Fisher, and C. Feare (Eds.) Why museums matter: avian archives in an age of extinction. Bulletin British Ornithologists' Club, Supplement 123A.
- Navarro-Sigüenza, A. G., y A. T. Peterson 2004. An alternative species taxonomy of Mexican birds. Biota Neotropica 4(2). [Online.] Available at www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/.
- Navarro-Sigüenza, A. G., R. Ortiz-Pulido y A. T. Peterson. 2008. Un panorama breve de la historia de la ornitología mexicana. Ornitología Neotropical 19 (Suppl.):367-379.
- Navarro-Sigüenza, A. G., A. T. Peterson, M. A. Puig-Samper y G. Zamudio. 2007. The Ornithology of the Real Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803): An analysis of the manuscripts of José Mariano Mociño. Condor 109(4):809-824.
- Navarro-Sigüenza, A. G., A. Lira-Noriega, M. C. Arizmendi., H. Berlanga, P. Koleff, J. García-Moreno y A. T. Peterson. 2011. Áreas de conservación para las aves de México: integrando criterios de priorización. PP 108-129 En: CONABIO-CONANP (coords.). Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Nieto-Samaniego, A. F., L. Ferrari, S.A. Alaniz-Alvarez, G. Labarthe-Hernandez y J. Rosas-Elguera. 1999. Variation of Cenozoic extension and volcanism across the southern Sierra Madre Occidental volcanic province, Mexico. GSA Bulletin 3:347-363.
- Ornelas, J. F., González, C., los Monteros, A. E., Rodríguez-Gómez, F., y García-Feria, L. M. 2013. In and out of Mesoamerica: temporal divergence of *Amazilia* hummingbirds pre-dates the orthodox account of the completion of the Isthmus of Panama. Journal of Biogeography DOI: 10.1111/jbi.12184.
- Palomera-García, C., E. Santana, S. Contreras-Martínez y R. Amparán. 2007. JALISCO. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T. A. (Eds), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 1-48.
- Peters, J. L. 1931. Checklist of the Birds of the World, Volume 1. Harvard University Press/Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Peterson, A. T. 1998. New species and new species limits in birds. Auk 115:555-558
- Peterson, A. T. and A. G. Navarro-Sigüenza. 1999. Alternate species concepts as bases for determining priority conservation areas. Conservation Biology 13:427-431.

- Peterson, A.T., A.G. Navarro y H. Benítez. 1998. The need for continued scientific collecting: a geographic analysis of Mexican bird specimens. *Ibis* 140:288-294.
- Peterson, A. T. y A. G. Navarro-Sigüenza. 2006. Consistency of taxonomic treatments: A response to Remsen (2005). *Auk* 123:885–887.
- Peterson, A. T. y A. G. Navarro-Sigüenza. 2009. Constructing check-lists and avifauna-wide reviews: Mexican bird taxonomy revisited. *Auk* 126:915-921.
- Phillips, A. R. 1961. Emigraciones y Distribución de Aves Terrestres en México. *Revista Sociedad Mexicana De Historia Natural* 22:295-311
- Phillips, A. R. 1970. Avifauna in Mexico. The avifauna of Northern Latin America: A symposium held at the Smithsonian Institution, 13-15 APRIL 1966. / Helmut K. Buechner and Jimmie H. Buechner, Editors. *Smithsonian Contributions To Zoology* 26:69-74
- Pineda-López, R. 2010. Listado actualizado de las aves de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro.
<http://www.uaq.mx/FCN/Investigadores/Prod/RPL/Listado%20Aves%20Queretaro%20Juli o%202010.pdf>
- Pineda-Lopez, R., N. Fevre Morales and M. Martinez. 2012. Confirmación de la presencia del gavián caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) en Jalisco, México. *HUITZIL* 13:39-42
- Prum, R. O. 2005. Evolution of the morphological innovations of feathers. *Journal of Experimental Zoology* 304B: 570-579.
- Ramírez-Bastida, P., A. G. Navarro-Sigüenza y A. T. Peterson. 2008. Aquatic bird distributions in Mexico: designing conservation approaches quantitatively. *Biodiversity and Conservation* 17:10, 2525-2558
- Remsen, J. V., Jr. 2005. Pattern, process, and rigor meet classification. *Auk* 122:403–413.
- Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, y K. J. Zimmer. Version [date]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union.
<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Ridgway, R. 1901-1919. The birds of North and Middle America: a descriptive catalogue of the higher groups, genera, species, and subspecies of birds known to occur in North America, from the Arctic lands to the Isthmus of Panama, the West Indies and other islands of the Caribbean sea, and the Galapagos Archipelago. Parts 1-8. *Bull US National Museum* 50.
- Ridgway, R. y H. Friedmann. 1941-1946. The birds of North and middle America: a descriptive catalogue of the higher groups, genera, species, and subspecies of birds known to occur in North America, from the Arctic lands to the Isthmus of Panama, the West Indies and other islands of the Caribbean sea, and the Galapagos Archipelago. Parts 9-10.

- de la Riva, H. G. y Franco, R. E. V. 2008. Aves. Pp. 148-161. En: La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. 389 p. Rojas-Soto, O. R., A. G. Navarro-Sigüenza and A. Espinosa de los Monteros. 2010. Systematics and bird conservation policies: the importance of species limits. *Bird Conservation International* 20:176-185
- Salvadori, T. 1895. Catalogue of the Chenomorphae (Palamedeae, Phoenicopterii, Anseres), Crypturi, and Ratitae in the collection of the British Museum. British Museum of Natural History, Printed by the Trustees, London.
- Salvin, O. y F. D. Godman. 1879-1904. *Biologia Centrali Americana (Aves)* Vols. I, II, III. Londres, Taylor and Francis, London.
- Sánchez-González, L.A. y García-Trejo, E.A. 2010. SAN LUIS POTOSÍ. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H. y Peterson, A. T. (Eds.), *Avifaunas Estatales de México*. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 199-242.
- Sánchez-González, L. A. y A. G. Navarro-Sigüenza. 2009. History meets ecology: a geographic analysis of ecological restriction in the Neotropical humid montane forests avifaunas. *Diversity and Distributions* 15:1-11.
- Şekercioğlu, C.H., G.C. Daily y P.R. Ehrlich. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:18042-18047.
- SEMARNAT (Secretaría del 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, 30 de diciembre de 2010 (Segunda Sección):1-78.
- Sereno, P.C y Arcucci, A.B. 1990. "The monophyly of crurotarsal archosaurs and the origin of bird and crocodile ankle joints". *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 180: 21-52
- Sharpe, R. B. 1874. Catalogue of the Accipitres or diurnal birds of prey in the collection of the British Museum. British Museum of Natural History, Printed by the Trustees, London.
- Sibley, C. G. y J. E. Ahlquist. 1990. *Phylogeny and classification of birds*. Yale University Press, New Haven, Conn
- Stotz, D.F., J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker III y D.K. Moskovitz. 1996. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. Univ. Chicago Press, Chicago.

- de Sucre-Medrano, A. E., Ramírez-Bastida, P., Gómez de Silva, H. y Ramírez-Varela, S. 2009. Aves. Pp. 131-144. En: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López, R., C., Quintanar M., J., M., Collado, E. y San Román, J. E. (Compiladores). La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de México. 531 p.
- Swainson, W. 1827. A synopsis of the birds discovered in Mexico by W. Bullock, F. L. S., and H. S., Mr. William Bullock. *Philos. Mag. (New Series)* 1: 364-369, 433-442
- Tinajero, R. y R. Rodríguez-Estrella. 2012. Efectos de la fragmentación del matorral desértico sobre poblaciones del aguililla cola-roja y el cernícalo americano en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana (N. S.)* 28(2): 427-446
- Turner, A. H, D. Pol, J. A. Clarke, G. M. Erickson y M. A. Norell. 2007. A basal dromaeosaurid and size evolution preceding avian flight. *Science* 317: 1378–1381.
- Villaseñor-Gómez, L. E. 2005. Aves. Pp. 101-103. En: La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Villaseñor G., L. E. (editora). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 268 p.
- Weir, J. T., E. Bermingham y D. Schluter. 2009. The Great American Biotic Interchange in birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*: 106: 21737-21742
- Xu, X., M. A. Norell, X. Kuang, X. Wang, Q., Zhao y C. Jia. 2004. Basal tyrannosauroids from China and evidence for protofeathers in tyrannosauroids. *Nature* 431 (7009): 680–684.

LEYENDAS DE FIGURAS

Figura 1. Riqueza comparativa de las aves de México con países megadiversos, con base en Lepage (2013) y Remsen et al. (2013): a) Riqueza de especies total y de especies endémicas (escala logarítmica); b) Porcentaje de especies endémicas con respecto al total.

Figura 2. Patrón de descripción de las especies de aves nativas de México a través del tiempo. SPP: curva que denota el número de especies descritas por año; ACUM: número acumulado de especies.

Figura 3. Patrón de riqueza de especies de aves de México de acuerdo a su presencia estacional, comparando la nomenclatura de AOU (2013) e IOC (Gill y Donsker 2013).

Figura 4. Distribución por hábitat para la avifauna total en México con base en Stotz et al. (1996). Los números sobre las columnas corresponden a las claves corresponden a: F1. Selva alta perennifolia, F3. Bosque ripario, F4. Bosque mesófilo de montaña, F7. Selva baja caducifolia, F8. Bosque de galería, F10. Bosque de pino, F11. Bosque de pino-encino, F14. Manglar, F15. Bosque secundario, N1. Matorral árido de tierras bajas, N2. Matorral árido de tierras altas, N3. Matorral húmedo/semihúmedo de montaña, N6. Pastizal bajo estacionalmente húmedo, N8. Pastizal templado nortero, N11. Matorral ripario, N13. Campos de agricultura, N14. Matorral de crecimiento secundario, A1. Pantanos de agua dulce, A2. Pantanos salobres/agua salada, A3. Playas de arena/lodazales, A4. Playas rocosas, A5. Playas riverinas, A6. Lagos de agua dulce y estanques, A8. Ríos, A9. Arroyos, A11. Aguas costeras, A12. Aguas pelágicas.

Figura 5. Distribución por hábitat para la avifauna total en México en relación con su estatus de residencia. Ver la Fig. 4 para las claves de los nombres de los hábitats.

Figura 6. Número de especies de aves de México de acuerdo a sus hábitos, comparando la nomenclatura de AOU (2013) e IOC (Gill y Donsker 2013).

Figura 7. Distribución de la riqueza de especies de aves de México de acuerdo a diferentes categorías de endemismo, comparando la nomenclatura de AOU (2013) e IOC (Gill y Donsker 2013).

Fig. 8. Distribución por hábitat con relación a las categorías de endemismo para la avifauna total en México. Ver la fig. 4 para las claves de los nombres de los hábitats.

Figura 9. Representación de la riqueza de especies por entidad federativa. Fuente: CONABIO (CONABIO, 2008). Estudios de Estado: Aguascalientes (De la Riva y Franco, 2008); Campeche (Escalona-Segura et al., 2010); Estado de México (De Sucre-Medrano et al., 2009); Guanajuato (Gurrola-Hidalgo et al., 2012); Michoacán (Villaseñor-Gómez, 2005); Morelos (Conabio y UAEM, 2004); Puebla (Jiménez-Moreno et al., 2011); Quintana Roo (Correa-Sandoval y Mackinnon, 2011); Veracruz (Gallardo del Ángel y Aguilar-Rodríguez, 2011); Yucatán (Chablé-Santos y Pasos- Enríquez, 2010). Avifaunas Estatales: Avifaunas Estatales: Garza de León et al., 2007 (Coahuila); Martínez-Morales et al., 2007 (Hidalgo); Palomera-García et al., 2007 (Jalisco); Fernández et al., 2007 (Tlaxcala); Contreras-Balderas et al., 2008 (Nuevo León); Pineda-López, 2010 (Querétaro); Sánchez-González et al., 2010 (San Luis Potosí).

Figura 10. Distribución potencial de la riqueza de especies de aves de México, con base en los mapas de Navarro y Peterson (2007). a) riqueza total, b) riqueza de especies residentes. Ambos mapas se presentan bajo el mapa digital de Provincias biogeográficas de Conabio (1997).

Figura 11. Distribución geográfica de la riqueza de especies endémicas a México. a) riqueza de especies, b) proporción de especies endémicas sobre el total de especies residentes.

LEYENDAS DE CUADROS

Cuadro 1 Riqueza por Familia, Género y Especie de los Órdenes de Aves de México comparando la nomenclatura de AOU (2013) e IOC (Gill y Donsker 2013). Los números que siguen al orden representan la secuencia dentro de cada sistema de clasificación.

Cuadro 2. Estatus de conservación de las especies de aves de México, de acuerdo a IUCN (2013), NOM (SEMARNAT 2010) y CITES (2013) y de acuerdo a las categorías de endemismo en las especies de aves de México. Claves: ED, Endémicas; XE, Extirpadas-Endémicas; X, Extirpadas; Q, Cuasiendémicas; S, Semiendémicas. IUCN: EX, extinto; EW, Extinto en estado silvestre; CR, En peligro crítico; EN, En peligro; VU, Vulnerable; NT, Casi amenazado. NOM: E, probablemente extinta en el medio silvestre; P, en peligro de extinción; A, amenazada; Pr, sujeta a protección especial.