



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

PATRONES DE RIQUEZA Y RAREZA DE LAS AVES
MIGRATORIAS NEÁRTICO-NEOTROPICALES EN MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(SISTEMÁTICA)**

PRESENTA

DALIA ELIZABETH AYALA ISLAS

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. BERTHA PATRICIA ESCALANTE PLIEGO

MÉXICO, D.F.



COORDINACIÓN

MARZO, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la Dra. Patricia Escalante por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su apoyo y asesoría constantes.

A los miembros del comité tutorial, la Dra. Ma. Del Coro Arizmendi y el Dr. Héctor Arita por sus comentarios y asesoría a lo largo del desarrollo del proyecto.

A la Dra. Katherine Renton y al Dr. José Luis Villaseñor por sus comentarios los cuales enriquecieron el trabajo.

A Katherine por su apoyo y guía constante. Muchas gracias también por tu cariño y amistad.

A mi familia por apoyarme siempre y animarme en los tiempos difíciles. A mis papás, Jareni y Tito por ser siempre tan comprensivos.

A Héctor y Arturo por su apasionada energía y su curiosidad implacable.

A Roberto por estar conmigo, por todo su amor y paciencia. Gracias por no dejarme claudicar.

A los amigos del posgrado, en particular los de la CNAN porque su presencia y amistad fue muy importante para que esta experiencia estuviera plagada de aprendizaje y momentos divertidos.

A los integrantes de la Unidad de Cómputo por todo su apoyo, paciencia y comprensión durante el desarrollo de esta tesis y por su amistad llena de momentos de sana hilaridad.

A Rocío por el apoyo durante toda mi estancia en el posgrado y por los momentos tan divertidos que compartimos.

A vero por su apoyo logístico y amistad todos estos años.

A todos los que son parte del Posgrado en Ciencias Biológicas por hacer esto posible.

ÍNDICE

Índice de figuras y tablas	i
Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El estudio de la biodiversidad	1
1.2. Los patrones macroecológicos/geográficos	2
1.3. Las aves migratorias neártico-neotropicales y el estudio de sus patrones	7
1.4. Las Áreas Naturales Protegidas	8
1.5. Las Áreas Prioritarias para Conservación en México	9
2. OBJETIVOS	
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos particulares	12
3. MÉTODOS	13
3.1. Áreas de distribución	13
3.2. WORLDMAP	13
3.3. Análisis de datos	14
4. RESULTADOS	19
4.1. Patrones de riqueza	19
4.2. Patrones de rareza	26
4.3. Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias neártico neotropicales	29
4.4. Correlación entre especies migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas	32
4.5. Correlación entre especies residentes y migratorias	32
4.6. Hot spots de riqueza	35
4.7. Patrones de riqueza en relación con las Áreas Naturales Protegidas (ANP).	42
4.8. Patrones de riqueza en relación con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICAS)	42
4.9. Patrones de riqueza en relación con las Regiones Prioritarias para Conservación.	48
5. DISCUSIÓN	53

5.1. Patrones de riqueza y rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales	53
5.2. Relación entre los patrones de distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales con los diferentes criterios de conservación y priorización de áreas para conservación en México	57
5.3. Limitaciones de la información disponible para estos estudios	59
5.4. Implicaciones para la Conservación de las aves migratorias neártico-neotropicales	60
6. CONCLUSIONES	65
7. REFERENCIAS	66
8. ANEXOS	
Anexo 1	79
Anexo 2	81
Anexo 3	84

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURA 1. Distribución de algunas familias de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	21
FIGURA 2. Distribución de algunas familias de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	22
CUADRO 1. Familias de aves con especies migratorias	16
CUADRO 2. Especies de aves semiendémicas	25
CUADRO 3. Especies de aves migratorias neártico-neotropicales de distribución restringida en México	25
CUADRO 4. Lista de hot spots de riqueza para aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	37
CUADRO 5. Lista de hot spots de riqueza para aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	40
CUADRO 6. Lista de Áreas Naturales Protegidas que incluyen hot spots de riqueza	35
CUADRO 7. Porcentajes de ANP's, AICAS y Regiones Prioritarias para Conservación que incluyen parcialmente áreas de riqueza de especies migratorias neártico-neotropicales.	48
MAPA 1. Cuencas hidrológicas de México	17
MAPA 2. Riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	23
MAPA 3. Riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	24
MAPA 4. Rareza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	27
MAPA 5. Rareza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	28
MAPA 6. Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	30
MAPA 7. Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	31
MAPA 8. Correlación entre riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas	33
MAPA 9. Correlación entre riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales y aves residentes	34

MAPA 10. Hot spots de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres	36
MAPA 11. Hot spots de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas	39
MAPA 12. Comparación de la riqueza de aves migratorias terrestres con las ANP	44
MAPA 13. Comparación de la riqueza de aves migratorias acuáticas con las ANP.	45
MAPA 14. Comparación de la riqueza de aves migratorias terrestres con las AICAS	46
MAPA 15. Comparación de la riqueza de aves migratorias acuáticas con las AICAS	47
MAPA 16. Comparación de la riqueza de aves migratorias terrestres con las Regiones Prioritarias Terrestres	50
MAPA 17. Comparación de la riqueza de aves migratorias acuáticas con las Regiones Prioritarias Hidrológicas	51
MAPA 18. Comparación de la riqueza de aves migratorias acuáticas con las Regiones Prioritarias Marinas	52
MAPA 19. Red de reservas propuesta para la conservación de aves migratorias terrestres	63
MAPA 20. Red de reservas propuesta para la conservación de aves migratorias acuáticas	64

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El estudio de la biodiversidad

El estudio de la diversidad biológica ha adquirido mucho auge en los últimos años debido, en parte, a la acelerada transformación de los sistemas naturales y sus consecuencias sobre los recursos biológicos del planeta. Este renovado interés también se ha visto favorecido por el desarrollo de nuevas técnicas y enfoques de investigación, por ejemplo modelos matemáticos, técnicas estadísticas, tecnología de percepción remota, sistemas de información geográfica, así como la revaloración de disciplinas como la taxonomía y la sistemática y la creciente disponibilidad de datos de colecciones biológicas a través de Internet (Fjeldsà y Rahbek 1997, Brown 1999, Gaston 2000).

Cuando se estudia la biodiversidad, una de las primeras características que se hace evidente es su distribución espacial. La diversidad biológica no está distribuida homogéneamente sobre la superficie del planeta. Algunas áreas contienen una gran biodiversidad de especies, poblaciones y hábitats; en algunas áreas encontramos un gran número de endemismos y además, hay especies que pueden ser muy abundantes en un lugar y poco abundantes o raras en otros (Vane-Wright *et al.* 1991, Gaston 2000).

Aunque la distribución espacial de la biodiversidad no es homogénea, tampoco es aleatoria, sino que forma patrones diferentes a diferentes escalas y para diferentes grupos taxonómicos. La distribución diferencial de la biodiversidad y sus patrones son resultado de numerosos factores y procesos locales y regionales, tales como la historia evolutiva de los taxa, la historia geológica, factores ambientales (temperatura, precipitación, productividad primaria entre otros), heterogeneidad ambiental, cambios climáticos globales y regionales, factores estocásticos, interacciones ecológicas y, recientemente, de las modificaciones en el uso de la tierra y los sistemas productivos de los seres humanos (Currie y Paquin 1987, Blackburn y Gaston 1996a, b, Dobson *et al.* 1997, Gaston 2000, Whittaker *et al.* 2001, Kryštufek y Griffiths 2002).

La búsqueda de patrones de distribución de la diversidad biológica y la determinación de sus causas e implicaciones han sido estudiados por la biogeografía, la ecología y la sistemática desde hace algunas décadas (Brown 1995, 1999, Jetz y Rahbek

2001). Estudiarlos es importante, pues además de generar mayor conocimiento sobre la biodiversidad y el origen, historia evolutiva y procesos que la mantienen, brinda herramientas que contribuyen a la reconstrucción de la historia evolutiva y los cambios de las condiciones climáticas en el planeta a lo largo del tiempo (Purvis y Héctor 2000). Además, a través de su estudio se pueden identificar lugares en los que la investigación biológica debe fomentarse o reforzarse.

Pero el estudio de los patrones de la diversidad biológica no solamente tiene una importancia académica y de conocimiento. En las últimas décadas y ante la acelerada transformación de los sistemas biológicos como consecuencia de las actividades humanas (principalmente agrícolas, ganaderas y desarrollo urbano) se ha hecho imperante la necesidad de desarrollar e implementar estrategias de conservación de los recursos naturales (Wilson 1988, Ehrlich 1988, McNeely *et al.* 1990). Para llegar a este fin se deben encontrar maneras efectivas de medir la biodiversidad, así como modos de cuantificar y maximizar la contribución de las áreas protegidas para su conservación (Vane-Wright *et al.* 1991, Brown 1999, Gaston 2000). Conocer los patrones de diversidad biológica también es un elemento necesario en las estrategias de planificación urbana y rural para un uso más eficiente de los recursos naturales de un país y también como base en programas de restauración biológica.

1.2. Los patrones macroecológicos/geográficos

En el estudio de la diversidad, distribución y abundancia de las especies, una de las características que ha recibido mucha atención es la distribución desigual de las especies en el planeta, la cual forma patrones que se mantienen a diferentes escalas y que pueden ser semejantes para diferentes grupos de organismos. El estudio sistemático de los patrones de diversidad se remonta a las primeras décadas del siglo XX (Brown 1995, 1999).

Tradicionalmente, los esfuerzos por estudiar estos patrones se concentraron en analizar la manera en que las especies se distribuyen en el espacio (Brown 1995), identificando, por ejemplo, las áreas de mayor riqueza. Esto en parte debido a que las especies son entidades relativamente fáciles de identificar y para las que existe una gran cantidad de datos aplicable en el modelado de las áreas de distribución con una resolución aceptable. Recientemente, con el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten tener a disposición un mayor número de datos y

de herramientas de análisis cada vez más poderosas que permiten manejar una gran cantidad de información al mismo tiempo, se ha generado un incremento en el número de estudios dedicados a describir los patrones de la biodiversidad y sus causas (Oberdorff *et al.* 1995, Blackburn y Gaston 1996b, Chown *et al.* 1998, Williams *et al.* 1997, Gaston 2000, Rahbek y Graves 2000, 2001, Kryštufek y Griffiths. 2002).

Hasta ahora se han identificado varios patrones de biodiversidad, entre ellos el gradiente latitudinal de riqueza de especies, en el cual el número de especies se incrementa hacia el ecuador (Fisher 1961, Gentry 1988, Rhode 1992, Rosenzweig 1992, 1995, Gaston y Williams 1996), el incremento del área de distribución en las especies de latitudes altas, la distribución de masas corporales a nivel local y regional (Hutchinson y MacArthur 1959, Lindsey 1966, Blackburn y Gaston 1994, Arita y Figueroa 1999), además de las relaciones especies/área y riqueza local/riqueza regional y otros gradientes de riqueza, por ejemplo asociados a profundidad, altitud y longitud (Stevens 1992, Rosenzweig 1995, Brown 1995, 1999, Gaston 2000). Muchos de estos patrones se han descrito desde hace más de 40 años, pero su estudio se vio limitado por la carencia de datos confiables para diferentes regiones y la carencia de herramientas de análisis adecuadas (Brown 1999).

Entre los patrones que han recibido mayor atención están los gradientes de riqueza de especies. En los últimos años, se han realizado estudios que analizan los patrones de riqueza para algunos grupos taxonómicos, por ejemplo el de Williams *et al.* (1994) sobre centros de diversidad de plantas en el que analizan la distribución de familias de plantas con semillas y determinan a nivel global las áreas de mayor riqueza de familias y por lo tanto prioritarias para conservación. Williams *et al.* (1997) analizan la distribución a nivel global de familias de plantas vasculares, anfibios, reptiles y mamíferos y encuentran una mayor riqueza en las regiones tropicales del continente Americano, con el punto de máxima riqueza en el centro de Colombia; y el de Chown *et al.* (1998) en el que analizaron la distribución a nivel global de las Procelariiformes (albatros, pardelas, petreles y paiños) y encontraron que el área de máxima riqueza de estas aves pelágicas se localiza muy cerca de Nueva Zelanda y que esta es coincidente con el área de mayor endemismo. También está el trabajo de Rahbek y Graves (2001) sobre los patrones de riqueza de aves sudamericanas, en el que analizaron el patrón de riqueza de las aves sudamericanas a diferentes escalas y lo compararon con factores ambientales (clima, topografía, diversidad ecosistémica) para intentar explicarlo. Finalmente, se menciona el trabajo de Kryštufek y Griffiths (2002) sobre patrones de riqueza y rareza de

roedores en Europa y encontraron un mayor número de especies hacia el sur y este de Europa, y las zonas de mayor endemismo se localizaron en las áreas montañosas.

En el caso de México, se tienen estudios sobre los patrones de distribución de algunos grupos taxonómicos, entre ellos el de Fa y Morales (1998) sobre diversidad de mamíferos, el de Sánchez-Cordero (2001) sobre los patrones de distribución de roedores y murciélagos en dos gradientes altitudinales en Oaxaca; el de Escalante (2003) sobre la distribución de la riqueza y endemismo de mamíferos terrestres en México, el de Escalante *et al.* (2003) en el que analizaron la distribución de las especies de mamíferos terrestres en México y determinaron las áreas de endemismo y el de Peterson *et al.* (1993) sobre los patrones altitudinales de riqueza y endemismo de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y mariposas en dos regiones montañosas de México. También el de Escalante *et al.* (1998) sobre la distribución de aves residentes y endémicas terrestres de México, el de García-Trejo y Navarro (2004) sobre riqueza y endemismo de aves en el oeste de México, el de Rojas-Soto *et al.* (2003) sobre los patrones de distribución de 113 especies de aves residentes en Baja California, el de Palomera *et al.* (1994) sobre la distribución de aves en tres estados de México, el de H-Acevedo y Currie (2003) sobre los patrones de distribución de aves en Norteamérica y su relación con variables ambientales y el de Ortega-Huerta y Peterson (2003) sobre los factores ambientales y su relación con los patrones de distribución de especies. El de Flores-Villela (1998) sobre la herpetofauna de México, el de Ayala *et al.* (1998) sobre la distribución de abejas en México y el de González (2004) sobre la distribución de alacranes en el eje Neovolcánico.

En el caso de plantas está el estudio de González-Espinosa *et al.* (2004) sobre la riqueza de especies de árboles en Chiapas y su relación con factores ambientales, el de Riba (1998) sobre la distribución de Pteridofitas en México, el de Styles (1998) sobre la distribución de pinos a nivel nacional, el de Nixon (1998) sobre la diversidad de encinos en México, el de Gómez-Hinostrosa y Hernández (2000) sobre la distribución de cactáceas en el sureste del Desierto de Sonora y el de Hernández y Bárcenas (1995) sobre la distribución de cactáceas amenazadas en el Desierto de Sonora, entre muchos otros.

Entre los factores que determinan los patrones de distribución de las aves se encuentran la heterogeneidad ambiental, el tamaño del área, la topografía y la presencia de elementos como zonas abiertas, ríos y lagos (Rosenzweig 1995, Fjeldså y Rahbek 1997, Rahbek y Graves 2000, 2001, Gillespie y Walter 2001, Jetz y Rahbek 2002, Trejo y Navarro 2004, Graham. *et al.*

2006), la relación con factores ambientales y climáticos tales como altitud, topografía, tasa de evapotranspiración, productividad primaria o interacciones ecológicas (Chown *et al.* 1998, Jetz y Rahbek 2002, Ortega-Huerta y Peterson 2003), factores climáticos como temperatura, tasa de radiación solar, humedad y precipitación (Blackburn y Gaston 1996a, Fjeldsá y Rahbek 1997, H-Acevedo y Currie 2003) y factores históricos tales como diversificación, mezcla de faunas (Escalante *et al.* 1988, García-Trejo y Navarro 2003). Algo importante es que las causas aparentes de la distribución varían entre diferentes grupos de aves y a diferentes escalas (Fjeldsá y Rahbek 1997, Ortega-Huerta y Peterson 2003).

Los resultados de algunos estudios sugieren que diferentes factores influyen la distribución de las especies a diferentes escalas y condiciones ambientales. Por ejemplo, Oberdorff y colaboradores (1995) realizaron un estudio sobre la distribución de peces dulceacuícolas a nivel global. En este estudio encontraron que a escala local y en ambientes variables, los factores que determinan la riqueza de peces dulceacuícolas son los factores físicos, mientras que en ambientes estables los factores biológicos son más relevantes. Por el contrario, en escalas regionales los principales determinantes de la riqueza de especies son factores físicos (como el tamaño de los ríos), climáticos e históricos (tales como las tasas de especiación y la dispersión). Estos factores no solo son los principales determinantes de la riqueza a nivel regional sino que también regulan la importancia de los factores que actúan a escala local. De esta manera, los patrones y procesos observados en

ensambles locales están determinados no solo por mecanismos locales, actuando sobre éstos ensambles, sino también por procesos operando a escalas espaciales y temporales mayores (Oberdorff *et al.* 1995).

El estudio de los patrones requiere tener información sobre la distribución de las especies estudiadas. Gran parte de esta información está contenida en las colecciones biológicas; sin embargo, ésta no siempre es completa ni exacta. Puede tener sesgos hacia algunos grupos taxonómicos y lugares y generalmente es poco detallada; además no siempre está disponible para su utilización en estos estudios (Peterson *et al.* 1998, Collar y Rudyanto 2003, Peterson *et al.* 2005). Debido a esto se ha hecho necesario desarrollar mecanismos que permitan afinar las áreas de distribución de las especies y complementar la información de las colecciones, como por ejemplo, técnicas para modelar y predecir el área de distribución de las especies a partir de información incompleta de las colecciones biológicas.

Éstas nuevas técnicas, sin embargo, no son perfectas ya que puede haber errores al modelar las áreas de distribución, pues hay casos en los que éstas se delimitan a partir de pocos ejemplares, o existir confusión entre diferentes partes del área de distribución; éste caso es particularmente importante cuando se estudia a especies migratorias (Remsen 2001). Por todo lo anterior, es necesario promover la obtención de información de campo básica sobre las especies y su distribución. Sin embargo, y a pesar de estas limitantes, las bases de datos sobre distribución de especies son útiles para estudios a escalas nacionales o regionales y permiten planificar estrategias generales de conservación y manejo de recursos en un país (Dobson *et al.* 1997, Fagan y Kareiva 1997, Gaston y Rodrigues 2003).

1.3. Las aves migratorias y el estudio de sus patrones

Uno de los grupos mejor conocidos son las aves y para algunos autores este grupo puede ser útil como indicador de los patrones de diversidad de otros taxa (Bibby *et al.* 1992). El grupo de las aves ha recibido gran atención y sus patrones de distribución se han estudiado en Gran Bretaña (Williams *et al.* 1996), África (Williams *et al.* 1999), en Sudamérica (Fjeldsã y Rahbek 1997, Rahbek y Graves 2000), América (Blackburn y Gaston 1996a, b) y a nivel global (Chown *et al.* 1998).

Los patrones de distribución de las aves en México se han estudiado a diferentes escalas y grupos. Entre los trabajos existentes tenemos por ejemplo, el de Escalante *et al.* (1998) en donde se analiza la distribución de aves residentes y endémicas de México, el de Álvarez (2001) sobre las áreas prioritarias de conservación con base en análisis panbiogeográficos, el de García-Trejo y Navarro (2004) sobre riqueza y endemismo de aves del oeste de México, el de Rojas-Soto *et al.* (2003) sobre los patrones de distribución de aves residentes en Baja California y el de Smith *et al.* (2001) sobre las distribución de aves residentes y migratorias en la península de Yucatán.

Un componente muy importante de la avifauna mexicana lo constituyen las aves migratorias neártico-neotropicales: de las aproximadamente 1060 especies de aves que ocurren en el país, aproximadamente 230 son especies migratorias. Éstas últimas están distribuidas en 33 familias, siendo las de mayor número de especies Parulidae (chipes) con 32 especies,

Anatidae (patos) con 26 y Scolopacidae (playeritos, zarapitos y agachonas) con 23; en conjunto estas familias comprenden el 44% de las especies de aves migratorias (Howell y Webb 1995)

Un ave migratoria neártico-neotropical es una especie que se reproduce en Estados Unidos y Canadá pero durante el periodo no reproductivo se encuentran en áreas neotropicales, como el sur de México, América Central y Sudamérica (Rappole 1992, 1995). La biología de las aves migratorias está bastante bien estudiada en las áreas de reproducción, pero la mayoría de estas especies pasan entre el 50 y el 75% de su ciclo de vida en las áreas de no reproducción y a lo largo de las rutas migratorias (DeGraaf y Rappole 1992, 1995). La temporada no reproductiva es uno de los periodos críticos en términos de supervivencia para muchas de estas especies, por lo que es necesario realizar más estudios sobre su distribución, uso de hábitat e interacciones ecológicas durante este periodo, para poder establecer estrategias adecuadas para su conservación (Rappole 1995).

El conocimiento sobre el periodo no reproductivo del ciclo de vida de las aves migratorias neártico-neotropicales es central para entender su biología y promover su conservación. Todo ello depende en parte de la disponibilidad de hábitat no solo en las áreas de reproducción sino también en las áreas de no reproducción y de paradas intermedias a lo largo de las rutas migratorias. En algunos casos las áreas ocupadas por las aves migratorias durante la época no reproductiva están restringidas a un país o a una región. Por ejemplo, *Vermivora virginiae* y *Vireo cassinii* solo se encuentran en áreas de la vertiente del Pacífico en México durante el periodo no reproductivo (Howell y Webb 1995), por lo que se ha sugerido considerar a estas especies como semiendémicas (Gómez de Silva 1996) y considerarlas dentro de la planificación de estrategias de conservación en el país.

Las aves migratorias son un componente importante de la avifauna mexicana y conocer sus patrones de distribución se convierte en una pregunta fundamental para el conocimiento de su dinámica, rutas migratorias, historia y necesidades de conservación. Adicionalmente se ha observado una disminución en las poblaciones de aves migratorias que podría relacionarse en parte con la pérdida de hábitat en las regiones neotropicales (Robbins *et al.* 1989, DeGraaf y Rappole 1995), aunque esto debe ser estudiado con más detalle. Finalmente, para establecer estrategias que sean adecuadas es necesario contar con la mayor cantidad de elementos posibles y de información confiable a diferentes escalas.

1.4. Las Áreas Naturales Protegidas en México

La creación de áreas protegidas es una de las herramientas fundamentales para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la selección de sitios para ubicar las áreas protegidas generalmente obedece a factores económicos o políticos y pocas veces se basa en información sobre la diversidad biológica de un país y sus necesidades reales de conservación. Debido a éstas y otras limitantes, muchos sistemas de reservas naturales no necesariamente cumplen con el objetivo de mantener la biodiversidad a largo plazo (Halfter 1994, 1995, Galindo-Leal 1998, Rodrigues *et al.* 2000, Liu *et al.* 2001, Gaston y Rodríguez 2003). Además, la administración y el manejo de las reservas frecuentemente son inadecuados y poco coordinados entre diferentes instancias gubernamentales y grupos sociales (Halfter 1994, 1995)

En las últimas décadas se ha fomentado a nivel global la inclusión de criterios biológicos en el diseño y establecimiento de reservas, y se han generado teorías sobre el tamaño, forma y grado de aislamiento de las áreas protegidas (Shafer 1990, Rodríguez y Gaston 2001). Actualmente, se busca la aplicación de algoritmos de diversos tipos para generar grupos de áreas que por sus características biológicas (número de especies, nivel de endemismo, grado de amenaza, etc.) requieren ser protegidas y que pueden proponerse para el establecimiento de reservas naturales.

En México existen a nivel federal 154 áreas naturales protegidas decretadas hasta el 2005, las cuales están agrupadas en 6 categorías y juntas abarcan una superficie de 18.7 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 7% del territorio nacional (Mas y Pérez-Vega 2005, <http://conanp.gob.mx/anp/anp.php>). Según el estudio de Mas y Pérez-Vega (2005), la mayoría de los tipos de vegetación de México se encuentran representados con menos del 10% de sus superficie en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

1.5. Las áreas prioritarias para conservación en México

Dado que los recursos para la conservación son limitados, la selección entre diferentes alternativas de conservación y determinación de áreas prioritarias es un elemento crítico de cualquier plan de conservación de los recursos (Vane-Wright 1996, Myers *et al.* 2000); los esquemas de priorización de áreas se han definido para diferentes escalas, grupos de especies

o siguiendo otros criterios (Williams y Gaston 1994, Williams *et al.* 1994, Vane-Wright 1996, Bonn *et al.* 2002).

Sin embargo, un problema que surge al tratar de identificar áreas prioritarias para conservación es que el conocimiento de la diversidad biológica es incompleto, sobre todo en las regiones tropicales en las que se supone que la biodiversidad es mayor. Además, lamentablemente, no existen bases confiables de información taxonómica para todos los grupos de organismos, dando como resultado que algunos grupos hayan sido más estudiados que otros y que algunos estén muy poco estudiados. Como una manera de superar el problema de la calidad de la información, se han estudiado los patrones de los grupos mejor conocidos y los resultados se han extrapolado a otros menos conocidos (Bibby *et al.* 1992, Howard *et al.* 1998, Stattersfield *et al.* 1998, Myers *et al.* 2000). El problema con la extrapolación de patrones para definir áreas de importancia para la conservación es la falta de estudios sobre la correlación entre la distribución de diferentes taxa, por ejemplo, conservar a las aves puede ser insuficiente para conservar la biodiversidad como un todo (Prendegast *et al.* 1993, Dobson *et al.* 1997, Howard *et al.* 1998, Van Jaarsveld *et al.* 1998, Bonn *et al.* 2002).

Entre los criterios para seleccionar áreas prioritarias están la riqueza (Wilson 1988), endemismos (Bibby *et al.* 1992, Stattersfield *et al.* 1998), "hot spots" de riqueza, riesgo y/o endemismo, entre otros (Novacek 1992, Williams *et al.* 1996, Dobson *et al.* 1997, Manne *et al.* 1999, Myers *et al.* 2000, Bonn *et al.* 2002); análisis de correspondencia (GAP analysis), en donde a partir de datos de colecciones se define un área de distribución que luego es afinada al sobreponer mapas de vegetación y algunos otros parámetros sobre los polígonos de las áreas de distribución; análisis de complementariedad (Fjeldsá y Rahbek 1997), en los que se determina el número mínimo de áreas necesarias para tener representada el 100% de especies de cierto grupo. También se ha utilizado información paleobiogeográfica (Alvarez 2001) e índices de diversidad táxica (Vane-Wright *et al.* 1991, Williams 1999a) los cuales consideran aspectos de diversidad filogenética de los grupos. En algunos casos se han hecho combinaciones de algunos de estos criterios (Williams *et al.* 1996, Ceballos *et al.* 1998). Sin embargo, el conocimiento de los patrones en general es muy pobre y es necesario promover muchos más estudios enfocados a ellos.

A escala global, se han empleado diferentes esquemas para identificar aquellas áreas que pudieran ser importantes para el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad.

Entre los esfuerzos destaca el de las Áreas de Endemismo de las Aves (EBAs), en el cual se identificaron las regiones del planeta en las que se concentran las especies de aves con áreas de distribución restringidas (Bibby *et al.* 1992, Stattersfield *et al.* 1998). A partir de la identificación de las áreas prioritarias, y suponiendo que en las EBAs coinciden con las áreas de riqueza para otros grupos, se propone enfocar esfuerzos de conservación en esas regiones para asegurar la permanencia a largo plazo, no solo de las aves de distribución restringida, sino de muchas otras especies de otros grupos. Recientemente la Alianza para la Cero Extinción (Alliance for Zero Extinction) publicó un estudio en el que, a partir de la evaluación de 4 criterios, reconocían 595 áreas prioritarias para conservación a nivel mundial, 63 de las cuales se localizan en México (Ricketts *et al.* 2005)

A nivel nacional es necesario incluir la manera en que las especies se distribuyen en un país en los planes de conservación y manejo. En el caso de México se han realizado varios ejercicios de regionalización del país, con miras a la conservación de recursos y la planificación ambiental. Entre estos esfuerzos destacan la identificación de Regiones Prioritarias para Conservación, las cuales se han dividido en terrestres, hidrológicas y marinas. Estas áreas se seleccionaron por medio de talleres con expertos de diferentes sectores sociales y académicos del país, los cuales fueron coordinados por la Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). En general, las regiones prioritarias se definen como áreas con una diversidad biológica importante, en buen estado de conservación y que pueden incluir recursos con valor económico o de uso potencial (Benítez y Loa 1996, <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>).

En México existe también el proyecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICAS), coordinado por CIPAMEX y en el cual se identificaron aquellas áreas del país que son importantes por su diversidad avifaunística (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000). Además de los esfuerzos gubernamentales y de organizaciones académicas, en México se han hecho otros estudios con diferentes enfoques para determinar los patrones de distribución de algunos grupos y señalar las áreas prioritarias para conservación. Entre ellos están los trabajos de Flores (1998) sobre herpetofauna, y de Álvarez (2001) sobre aves terrestres y regiones panbiogeográficas de importancia para la conservación. También se han hecho estudios de complementariedad a escalas más pequeñas como el de Peterson y colaboradores (2000) sobre áreas prioritarias para la conservación de mamíferos y aves endémicas de Veracruz. Este tipo de estudios es aún muy necesario en un país megadiverso

como México y que además tiene una compleja historia geológica y cuyos sistemas biológicos están sujetos a una tasa de transformación alta.

RESUMEN

Se analizó la distribución de 193 especies de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas en México, para determinar las áreas de mayor riqueza y rareza del país. También se compararon los patrones de riqueza y rareza de las aves migratorias entre sí y la riqueza de aves migratorias con la riqueza de aves residentes. Adicionalmente se hizo un análisis de la representatividad de las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico—neotropicales en las Áreas naturales protegidas, las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) y las Regiones Prioritarias para Conservación terrestres, hidrológicas y marinas. Se encontró que en la parte central y la costa de Nayarit y Jalisco, las Sierra Madre Oriental y los Tuxtlas en Veracruz, se localizan las principales áreas de riqueza de las aves terrestres. Por otro lado, la parte alta del Golfo de California y la costa norte de Tamaulipas son las áreas de riqueza de las aves acuáticas. Las áreas de rareza se localizan hacia los extremos norte y sur del país. En el análisis de representatividad se encontró que solamente el 4 % de las ANP incluyen parcialmente áreas de riqueza de aves migratorias terrestres y el 3.2 % en el caso de aves migratorias acuáticas. En el caso de las AICAS el porcentaje es de 6.1% para aves migratorias terrestres y 8.6% para las acuáticas. El 6.5% de las Regiones Prioritarias terrestres incluyen Áreas de riqueza de aves migratorias terrestres y para las aves migratorias acuáticas el 5% y 8.7% de las RP hidrológicas y marinas. Se presenta una propuesta de redes de reservas para la conservación de las aves migratorias neártico-neotropicales en México.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Encontrar los patrones de riqueza y rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales en México y su relación con las Áreas de Conservación en México.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas en México.
- Determinar los patrones de rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas en México.
- Evaluar la coincidencia entre áreas de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas en México.
- Comparar las áreas de riqueza y rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres con las de las aves residentes en México.
- Evaluar la coincidencia entre las áreas de rareza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas en México.
- Identificar los hot spots de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas y terrestres en México.
- Comparar los patrones de distribución de las áreas migratorias terrestres y acuáticas con las Áreas Naturales Protegidas, las Regiones Prioritarias para la Conservación de CONABIO y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

3. MÉTODOS

3.1. Áreas de distribución

El primer paso para este trabajo fue determinar las especies migratorias neártico-neotropicales de México, para lo cual se definió una especie neártico-neotropical como aquella que se reproduce en Estados Unidos y Canadá, pero pasa la temporada no reproductiva en México y hacia el sur del continente (Rappole 1995). En el análisis también se incluyeron algunas especies que tienen áreas de reproducción en el país, siempre que estas áreas abarcaran el 10% o menos del total de área de distribución en México; las aves migratorias de paso y las aves pelágicas se excluyeron del análisis. Las áreas de distribución durante la temporada no reproductiva de las especies seleccionadas se tomaron de los mapas de distribución para cada especie de ave publicados por Howell y Webb (1995) y se actualizaron a partir de información publicada entre 1995 y 2001 (la búsqueda de referencias se hizo en la base de datos ROL, Recent Ornithological Literatura, ver anexo 1 para una lista de estas referencias). También se revisaron las localidades de ejemplares de estas especies depositados en la Colección Nacional de Aves (CNAV), aunque debido a que no se encuentran georreferenciados muy pocos registros fueron utilizados. Los mapas de distribución durante la temporada no reproductiva se digitalizaron manualmente en ARC-VIEW, versión 3.2. en una proyección sinusoidal. La nomenclatura de las especies incluidas es de acuerdo a AOU (1998).

3.2. WORLDMAP

Los mapas digitalizados se convirtieron al formato "GRID" con celdas de 10' (aproximadamente 16 km²) utilizando herramientas de ARC-VIEW; posteriormente, éstos archivos se exportaron en formato ASCII RASTER, se convirtieron a archivos con formato TNC y se importaron como bases de datos a WORLDMAP versión 4.19.25 (Williams 1999b) sobre una cuadrícula del país de 10 X 10 minutos, en donde se realizaron los análisis para determinar los patrones de distribución de estas aves. WORLDMAP es un programa especialmente diseñado para explorar patrones geográficos de diversidad, rareza y prioridades de conservación a partir de grandes grupos de datos. Entre las ventajas de este programa están la capacidad de analizar gran cantidad de datos, en cualquier región del planeta y utilizando celdas de cualquier forma y tamaño (Williams 1999b). A cada celda se le asignó un nombre, utilizando como base el mapa de Cuencas Hidrológicas de México (Maderey-R, L. y Torres-Ruata, C. 1990, CONABIO s/f). El mapa 1 muestra las Cuencas hidrológicas de México.

3.3. Análisis de datos

Para los análisis las especies migratorias se dividieron en dos grupos: migratorias terrestres y migratorias acuáticas. En el cuadro 1 se muestran las familias de cada grupo y el número de especies incluidas. Se utilizaron 114 especies de aves migratorias terrestres y 79 especies de aves migratorias acuáticas. La lista completa de las especies incluidas en cada grupo se encuentra en los Anexos 2 y 3. A partir de las bases de datos generadas se realizaron análisis de riqueza, rareza y correlaciones entre riqueza de aves migratorias terrestres y acuáticas.

El análisis de riqueza se hizo a partir del número de especies presentes en cada celda. El tamaño del área de distribución para cada especie se definió como el número de celdas ocupadas, en este caso los tamaños de áreas de distribución variaron de 8 a 6270 celdas ocupadas para aves migratorias terrestres y de 8 a 6203 celdas ocupadas para aves migratorias acuáticas (ver Anexos 2 y 3).

Para el análisis de rareza se utilizó el inverso de las áreas de distribución, en este caso para cada una de las celdas se calculó el índice de rareza ($1/\text{tamaño de área de distribución}$) y los valores se sumaron, dando para cada celda un valor de rareza. Este tipo de análisis le da un peso mayor a las especies de distribución restringida (menos celdas ocupadas) (Williams 1999b). Con este método se considera que la rareza es una característica del tamaño del área de distribución de una especie, aunque hay otras maneras de evaluarla (Rabinowitz *et. al.* 1986). Sin embargo, considerando el tipo de datos base para este trabajo, analizar la rareza desde el punto de vista de las áreas de distribución fue lo más adecuado.

Por medio de un análisis de correlación, se compararon los mapas de riqueza y rareza de cada grupo de especies, para determinar aquellas áreas con muchas especies y que también incluían especies raras. Para este análisis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), el cual no requiere de una distribución normal de los datos. Adicionalmente, se hizo un análisis de correlación (usando el coeficiente de correlación de Spearman) entre un mapa de riqueza de aves residentes (817 especies entre terrestres y acuáticas) realizado por Valero y Escalante (en prep.) y el mapa de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales (193

especies entre terrestres y acuáticas) para comparar las áreas de riqueza en cada grupo de especies.

También se hizo una selección de 150 hot spots de riqueza para cada grupo de especies (migratorias terrestres y acuáticas), es decir, se seleccionaron las 150 celdas con mayor número de especies para cada grupo de aves migratorias. Adicionalmente, los mapas de riqueza de especies migratorias terrestres y acuáticas se compararon con los mapas de Áreas Naturales Protegidas (www.conanp.gob.mx), AICAS (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000) y Regiones Prioritarias para la Conservación (Arriaga-Cabrera *et al.* 1998, Arriaga *et al.* 2000, Arriaga *et al.* 2002) utilizando el programa ARC-VIEW. Éstos mapas se obtuvieron del sitio electrónico de CONABIO como archivos ".shp" (<http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>).

Finalmente, a partir del total de especies migratorias, se determinó cuáles eran las especies semiendémicas, es decir, aquellas cuya área de distribución durante la temporada no reproductiva se encuentra exclusivamente en México (Gómez de Silva 1996); así como las especies de distribución restringida durante la temporada no reproductiva. Éstas últimas se definieron como aquellas especies cuya área de distribución durante la temporada no reproductiva es menor a 100 000 km² y al menos el 50% de esta superficie se encuentra en México.

Cuadro 1. Familias de aves con especies migratorias. Entre paréntesis se indica el número de especies migratorias en México por familia (nomenclatura de acuerdo con AOU, 1998)

TERRESTRES		ACUÁTICAS
Accipitridae (6)	Turdidae (5)	Gaviidae (3)
Falconidae (1)	Mimidae (2)	Podicipedidae (1)
Strigidae (2)	Motacillidae (2)	Sulidae (1)
Caprimulgidae (2)	Bombycillidae (1)	Phalacrocoracidae (1)
Trochilidae (4)	Vireonidae (5)	Anatidae (27)
Alcedinidae (1)	Parulidae (33)	Ralliade (1)
Picidae (5)	Thraupidae (1)	Gruidae (1)
Tyrannidae (9)	Cardinalidae (3)	Charadriidae (5)
Hirundinidae (2)	Emberizidae (19)	Scolopacidae (24)
Sittidae (1)	Icteridae (3)	Laridae (14)
Troglodytidae (3)	Fringillidae (3)	Pelecanidae (1)
Regulidae (1)		

NÚMERO EN EL MAPA	NOMBRE DE LA CUENCA
1	Bahía San Jorge
2	Río San Ignacio
3	Río Bacabachic
4	Río Jaral
5	Cabecera Municipal Agua Nueva
6	Río Guaymas
7	Río Ojo Caliente
8	Laguna de los mexicanos
9	Laguna de las Palomas
10	Río Sinaloa
11	Río San Lorenzo
12	Laguna de Santiaguillo
13	Río Elota
14	Río Presidio
15	Río Baluarte
16	Río Acaponeta
17	Río Bejuco
18	Río Tuxpan
19	Río Cazones
20	Río Armería
21	Laguna de Sayula
22	Laguna de Yuriria
23	Laguna de Párcuaro
24	Laguna de Cuitzeo
25	Lago de Texcoco
26	Lago Totolcingo
27	Río Ostuta
28	Río Jamapa
29	Río Blanco
30	Bahía Petacalco
31	Río la Unión
32	Río Nueva Cuadrilla
33	Río Ixtapa
34	Río Coyuquilla
35	Río San Luis
36	Río Tecpan
37	Río Atoyac
38	Laguna Mitla
39	Río Papagayo
40	Laguna Tres Palos
41	Río Nexpa
42	Río Copala
43	Río Marquelia
44	Río Grande
45	Río Tehuantepec
46	Río Tonalá
47	Cabecera Municipal Zanacatan

4. RESULTADOS

4.1. Patrones de riqueza

En el mapa 2 se observa el patrón de distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres (114 especies, Anexo 2). El número de especies por celda varió de 1 a 64 especies. Las áreas con mayor número de especies se observan en tonos rojos y anaranjados, mientras que las áreas con menos especies se encuentran en tonalidades verdes y azules.

Las áreas de mayor riqueza de especies de aves migratorias terrestres se localizan en o cerca de zonas con elevado número de Cuencas Hidrológicas. El área de mayor riqueza se localiza en el oeste de México y abarca parte de las Cuencas de los ríos Bejuco, Mezquital, Lerma, San Blas, Huicila, Ameca y Armería (valor máximo, 64 especies). En la vertiente del Golfo se tiene una región con alta riqueza que incluye a las Cuencas Hidrológicas Laguna de Catemaco, Laguna Sontecomapan y Río Papaloapan (valor máximo 60 especies). Hay otras regiones de riqueza, una en el este del país que ocupa áreas de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla y Totolancingo (valor máximo 58 especies) y otra a lo largo del sur de Guerrero y Oaxaca (valor máximo 50 especies), una región con un gran número de Cuencas (ver mapa 1)

También hay un centro de riqueza en la parte central de México, en la Cuenca de Texcoco (49 especies en promedio). Las áreas de riqueza media se encuentran en la parte central del país, abarcando parte de las Cuencas del Lerma, Pánuco y Laguna Ahorcados, así como en las Cuencas del Río Grijalva y Papaloapan. Las áreas con menor número de especies son la península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila y la península de Yucatán (entre 25 y 30 especies en promedio). Éstas áreas se localizan en regiones con pocas Cuencas Hidrológicas de gran extensión; tal es el caso, por ejemplo de la Península de Yucatán (ver mapas 1 y 2)

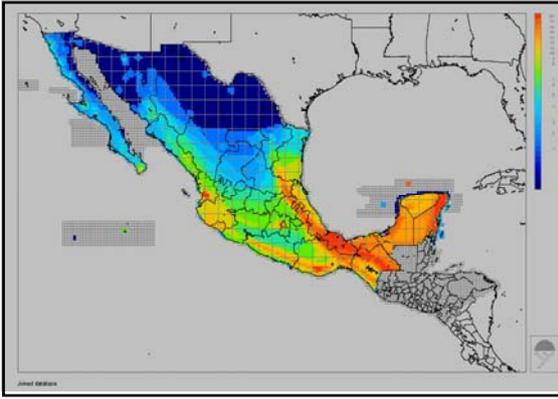
Se analizó la distribución de las aves migratorias por familias y se observó que la familia Parulidae se distribuye mayormente hacia el sureste de México y contiene el mayor número de especies en esa región. Por el contrario, hacia el norte del país el aporte de las familias de aves al

patrón de riqueza se distribuye más homogéneamente entre algunas familias, principalmente Picidae, Falconidae, Emberizidae y Fringillidae (Figura 1)

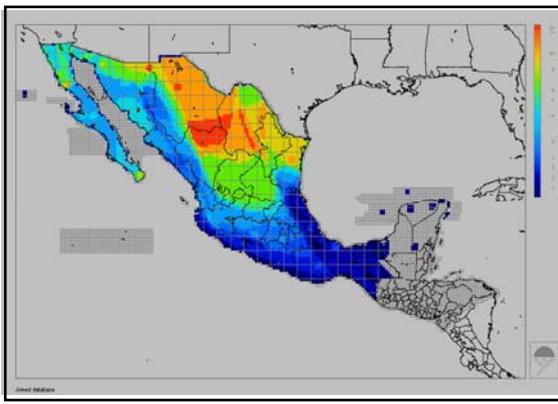
A partir del análisis de riqueza de las 79 especies de aves migratorias acuáticas (Anexo 3), se observa en el mapa 3 que el mayor número de especies se encuentra a lo largo de las costas (valor máximo 52 especies) en el Golfo de California. También hay centros de riqueza en el norte de Tamaulipas, la Cuenca del Río Bravo, el Río San Fernando, la Boca Jesús María y el Río Soto la Marina. Otra área con riqueza alta para las aves migratorias son las Cuencas Bahía Adair y Río Colorado en Sonora y también las Cuencas de los Ríos San José y Guadalupe en Baja California, así como, partes de las Cuencas del Río San Rafael, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla en la costa de Veracruz y la costa sur de Tamaulipas (Mapas 1 y 3).

La parte central de Chihuahua (Cuencas del Río Conchos, Nazas, Lagos Guzmán, Santa María y Patos) resaltó como un área de riqueza media (alrededor de 30 especies). Por el contrario, las Cuencas del centro y el sureste del país, las zonas montañosas y la Cuenca del Río Champotón en la península de Yucatán fueron pobres en especies (menos de 12 especies en promedio).

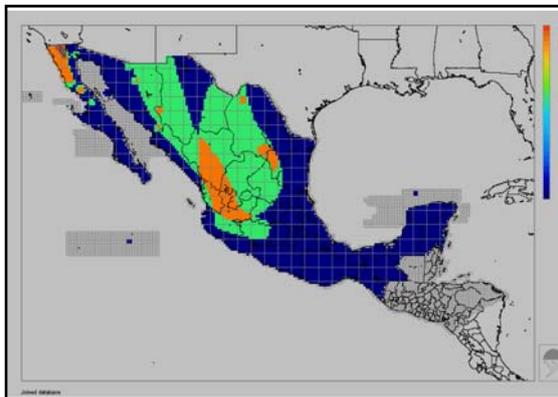
Al analizar la distribución de las familias de aves migratorias acuáticas, se observa que los centros de riqueza no están determinados por miembros de una sola familia, sino que todas las especies contribuyen al patrón de riqueza en el norte del país y el Golfo de California. Sólo la familia Scolopacidae tiene una influencia considerable en la riqueza al sur de Baja California y en la costa del Golfo de México (Figura 2).



a) Parulidae (33 especies)

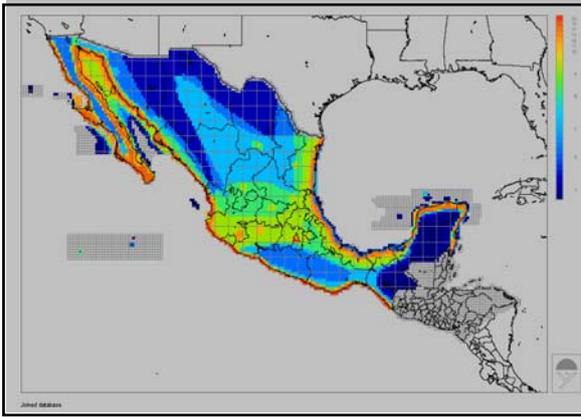


b) Emberizidae (19 especies)

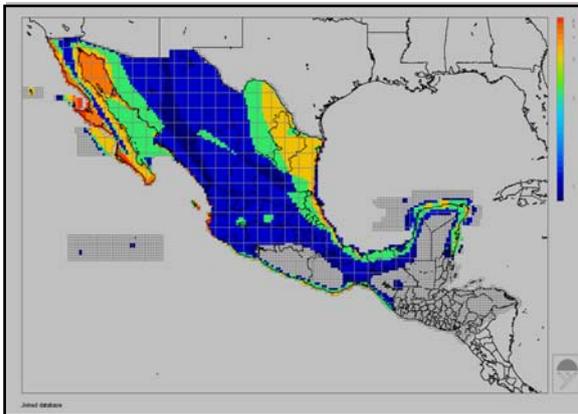


c) Picidae (5 especies)

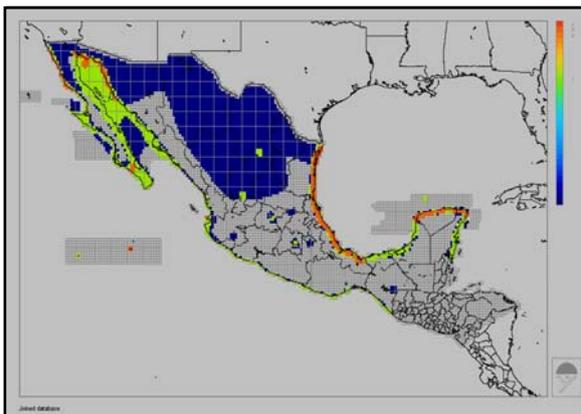
Figura 1. Distribución de algunas familias de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres. El número de especies varía del color rojo (más especies) al azul oscuro (menos especies)



a) Scolopacidae (24 especies).

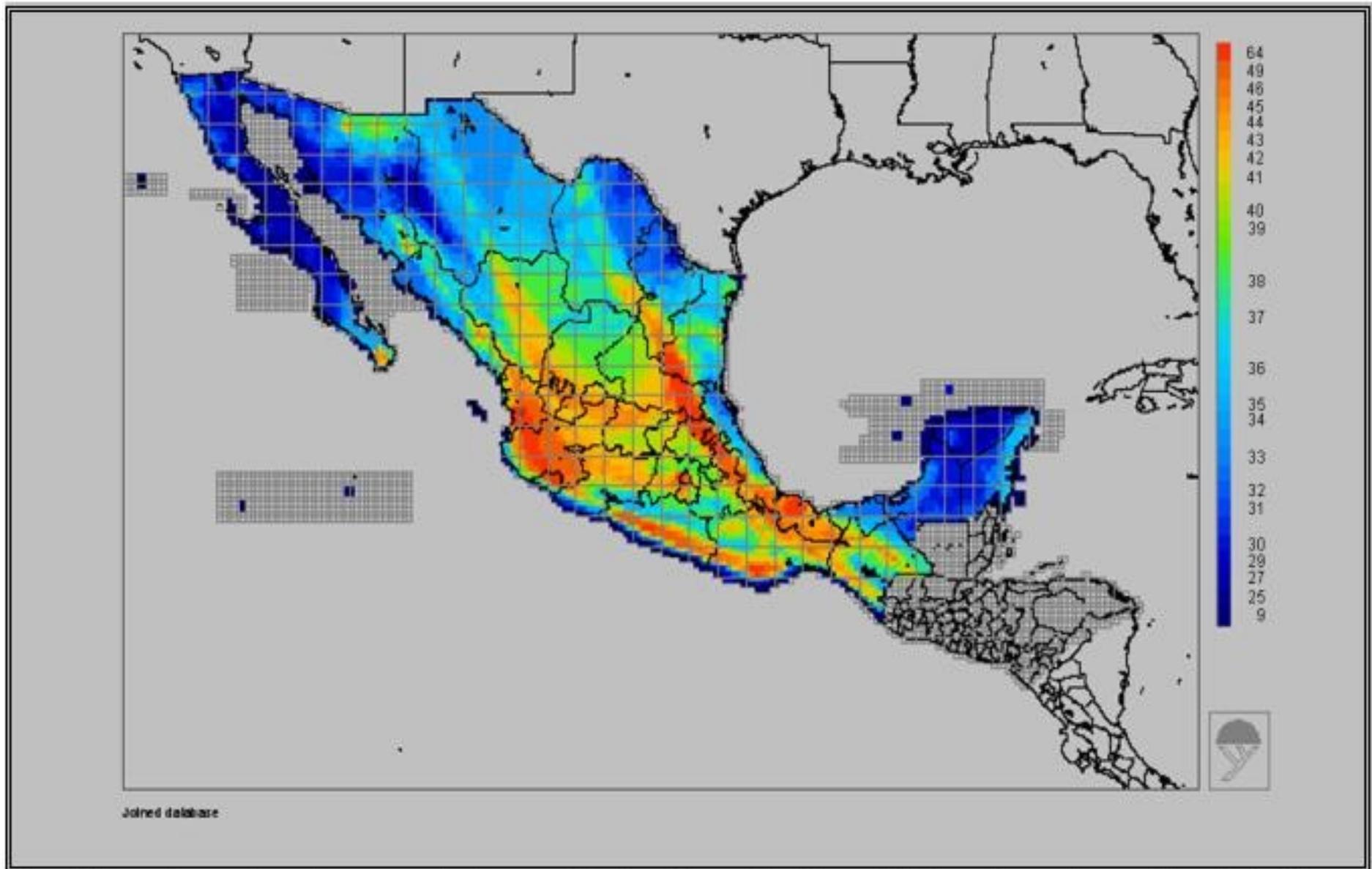


b) Laridae (14 especies)

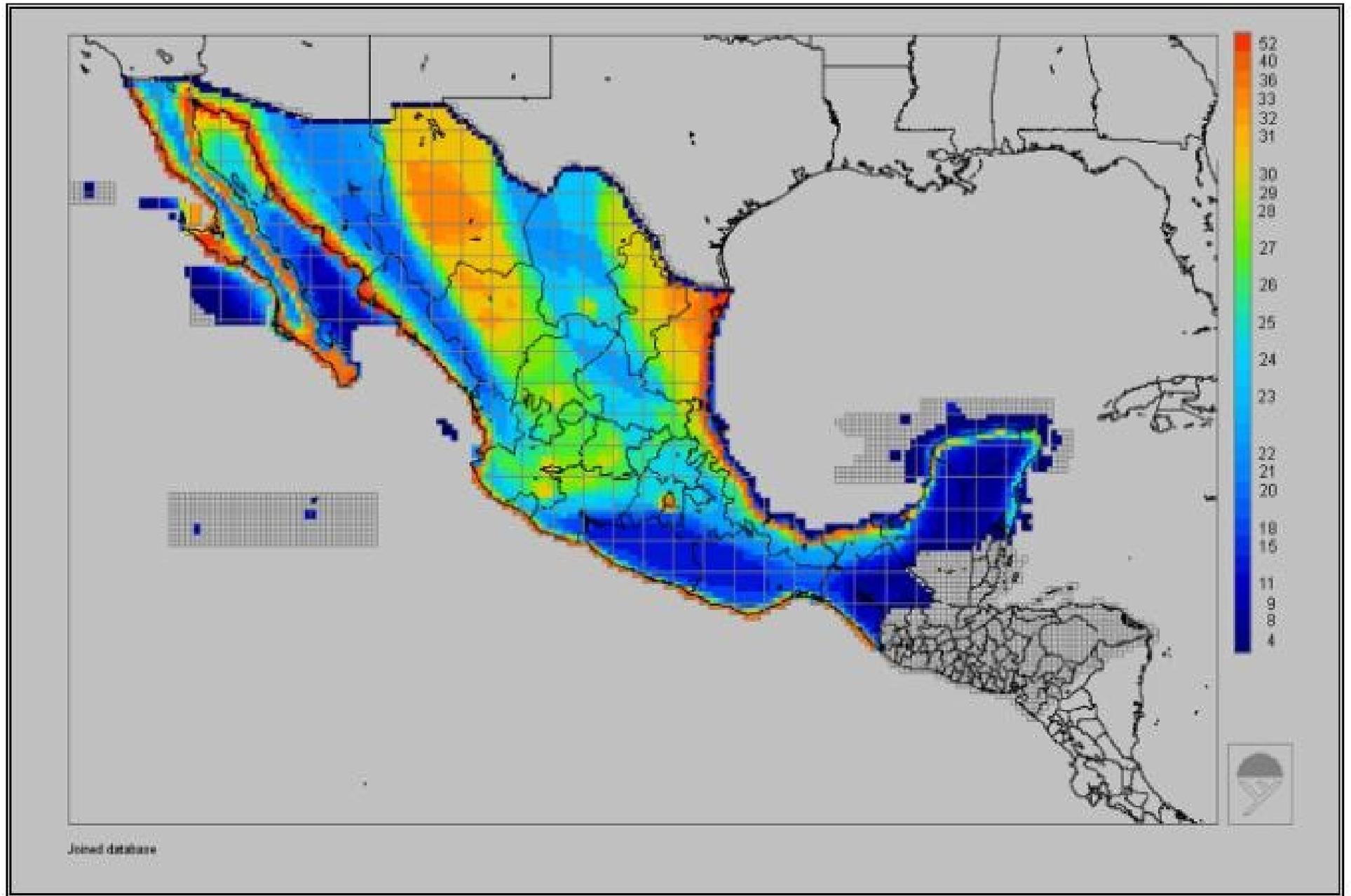


c) Charadriidae (5 especies)

Figura 2. Distribución de algunas familias de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas. El número de especies varía del color rojo (más especies) al azul oscuro (menos especies)



Mapa 2. Riqueza de aves migratorias terrestres. La riqueza va del color azul (menor) al rojo (mayor). El número de especies por celda va de 1 a 64.



A partir de la distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales, se encontraron 12 especies de aves semiendémicas, las cuales se distribuyen sólo en el norte del país (Cuadro 2). En cuanto a las especies de distribución restringida, con áreas de distribución menores a 100 000 Km² se encontraron 4 especies (Cuadro 3). Las especies de estos dos grupos pertenecen a diversas familias taxonómicas.

Cuadro 2. Especies de aves semiendémicas

<i>Buteo regalis</i>	<i>Empidonax difficilis</i>
<i>Stellula calliope</i>	<i>Dendroica nigrescens</i>
<i>Empidonax oberholseri</i>	<i>Passerina amoena</i>
<i>Empidonax wrightii</i>	<i>Selasphorus sassin</i>
<i>Vireo cassini</i>	<i>Ammodramus bairdii</i>
<i>Sialia currucoides</i>	
<i>Vermivora virginiae</i>	

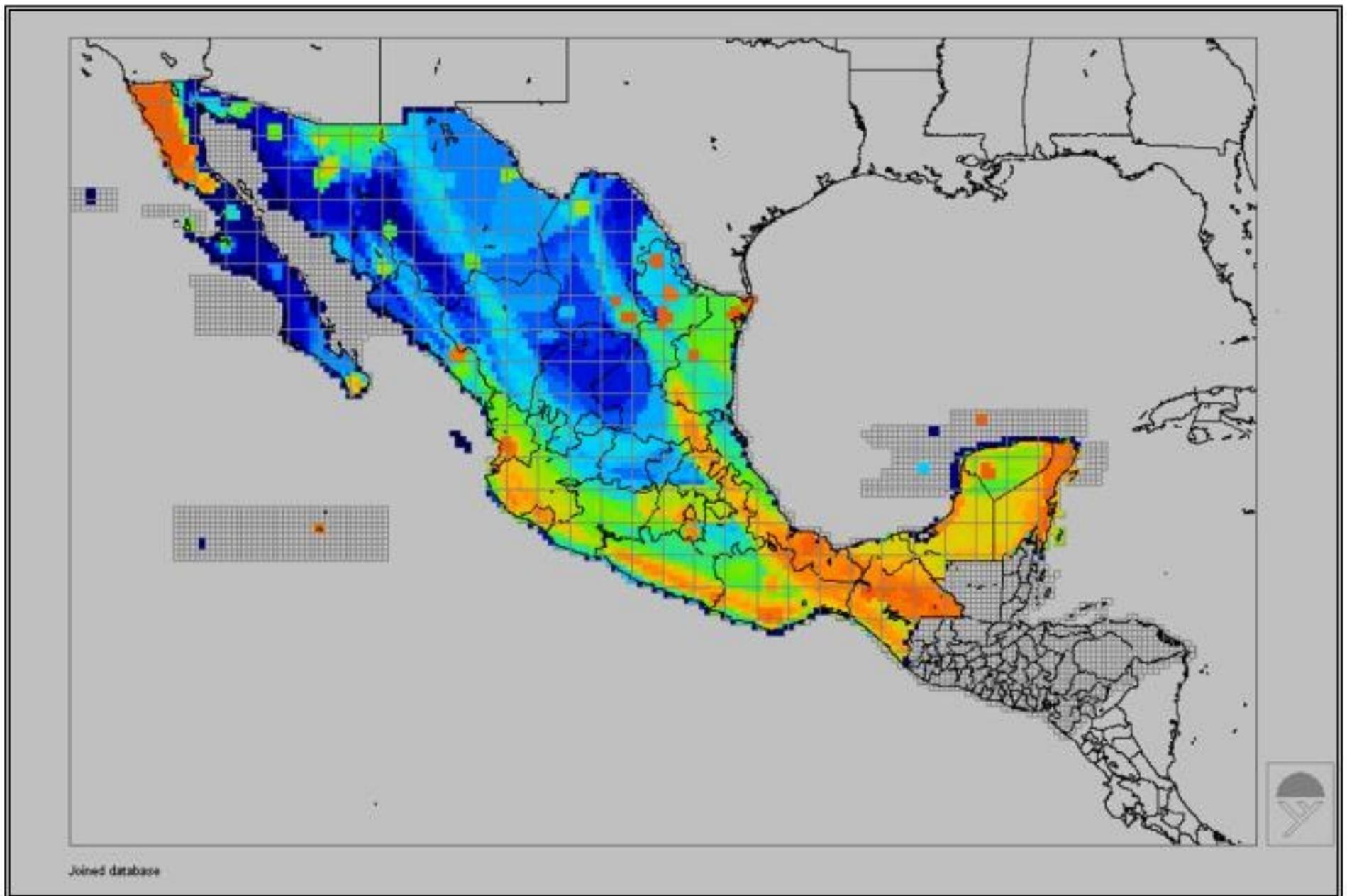
Cuadro 3. Especies de aves migratorias neártico-neotropicales de distribución restringida en México

<i>Dendroica chrysoparia</i>	<i>Calcarius mccownii</i>
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	<i>Vireo vicinior</i>

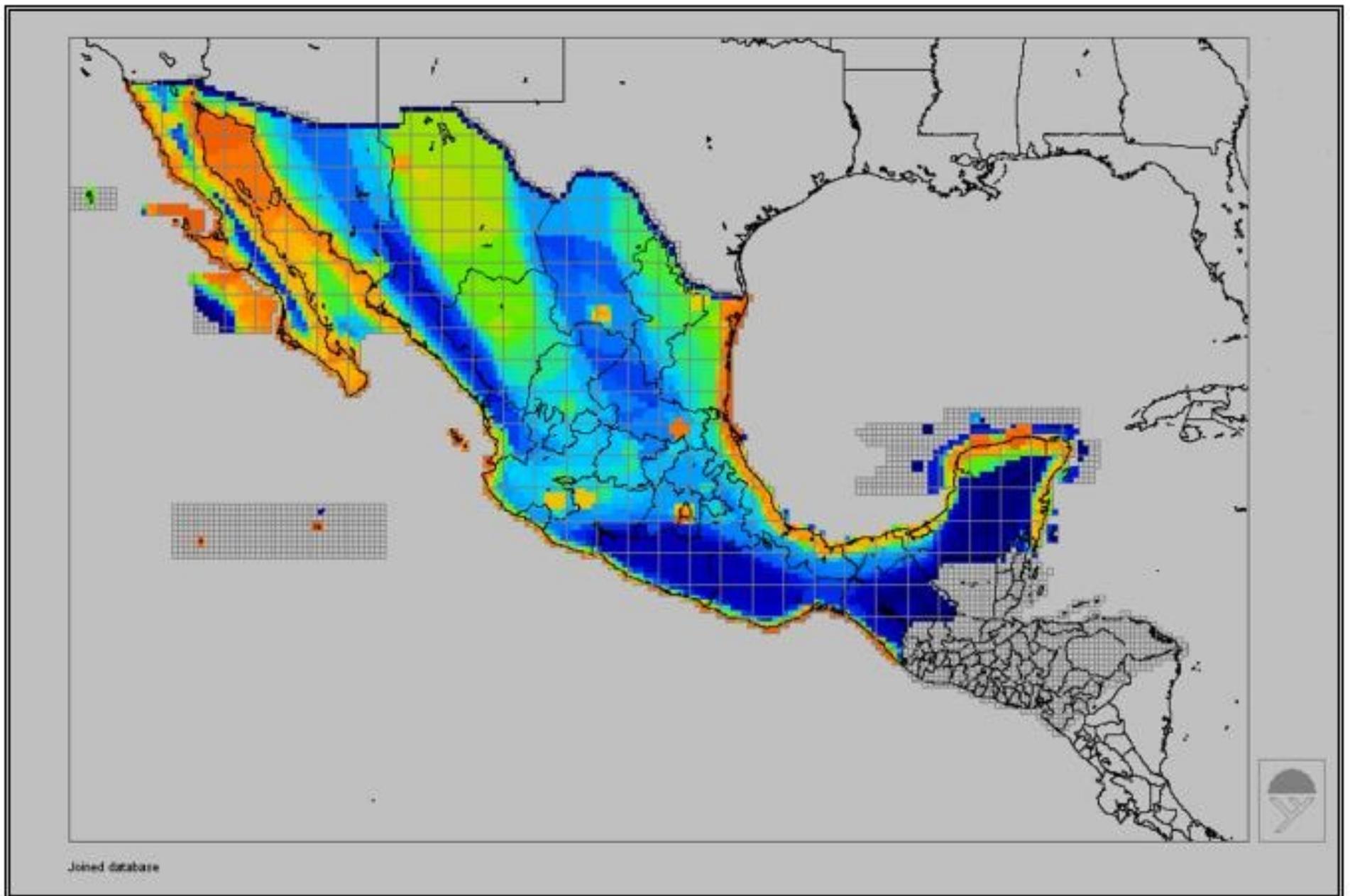
4.2. Patrones de rareza

Cuando se utilizó el inverso del tamaño del área de distribución, se obtuvo una mayor concentración de especies de distribución restringida en las sierras del norte de Chiapas; con el índice de rareza mayor en el Cañón del Sumidero. También en el norte del país se observan concentraciones de especies de distribución restringida, en Baja California y en parches en los estados de Nuevo León y Tamaulipas y al sur en el estado de Chiapas cerca del límite con Oaxaca y hacia el norte (mapa 4). Sin embargo, también se encontraron concentraciones de especies de distribución restringida en el área de Los Tuxtlas y el sur de Jalisco. La Península de Yucatán, particularmente en el centro del estado y las selvas bajas de Quintana Roo, también resaltaron como áreas importantes para estas especies.

En cuanto a la rareza de las aves migratorias acuáticas, las zonas más importantes fueron el Golfo de California, la parte norte de la península de Yucatán, la parte central del Estado de México y el DF. La punta este de San Luis Potosí y las Islas Revillagigedo también son importantes (Mapa 5).



Mapa 4. Rareza de aves migratorias terrestres. El valor de rareza va del color azul (menor) al rojo (mayor).

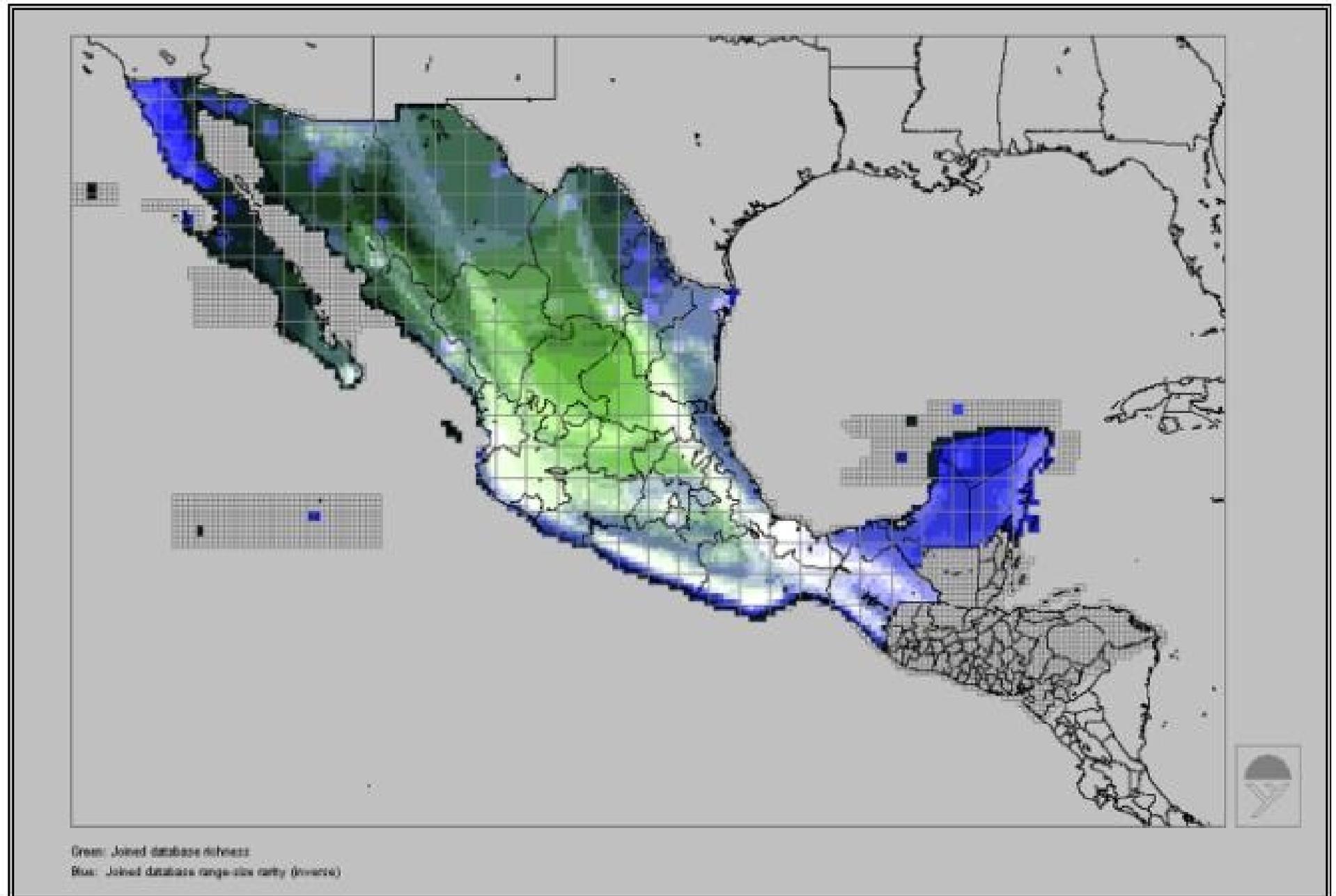


Mapa 5. Rareza de aves migratorias acuáticas. La rareza va del color azul (menor) al rojo (mayor).

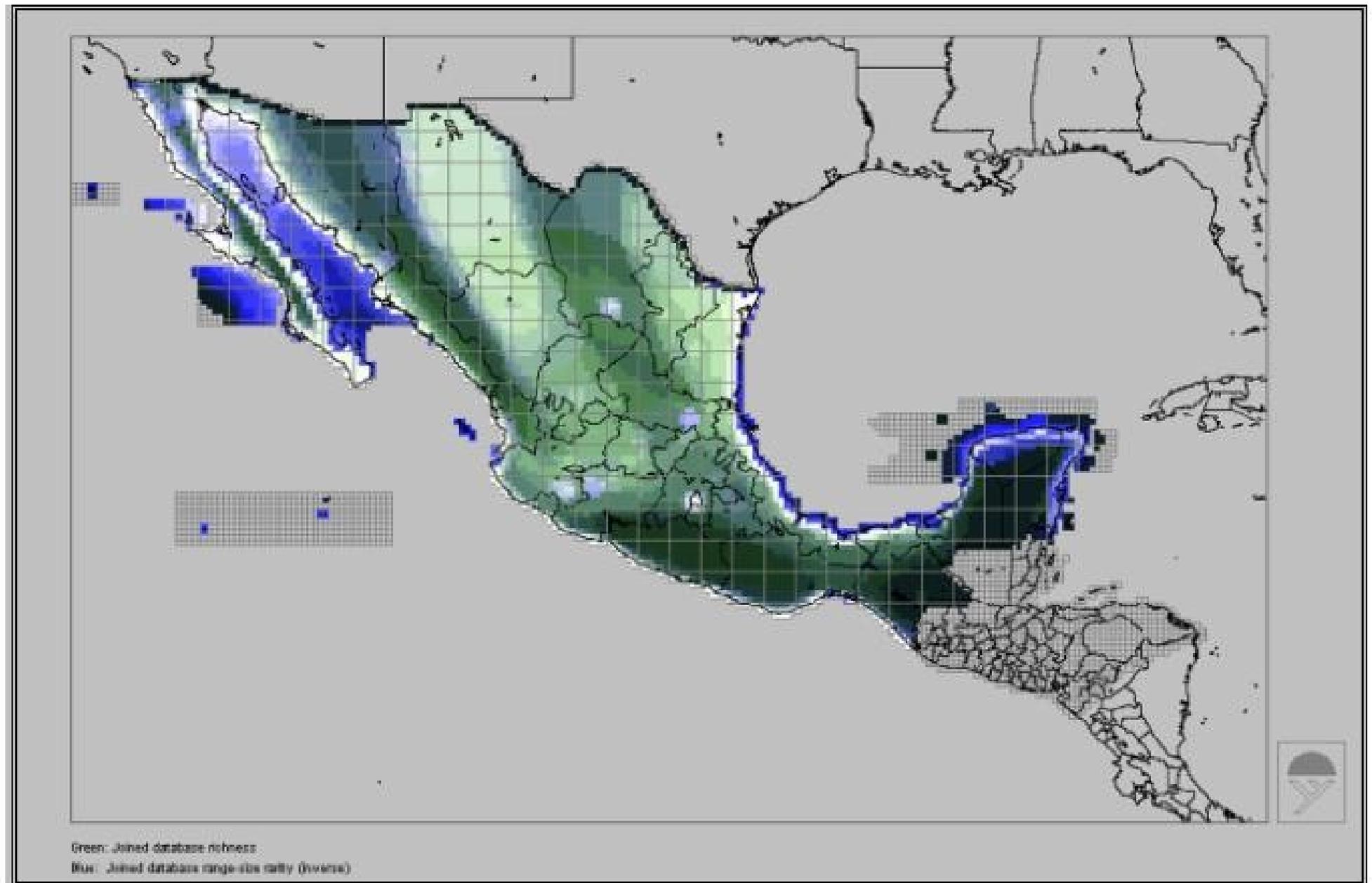
4.3 Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias neártico-neotropicales

Se hizo un análisis de correlación entre los mapas de riqueza y rareza de las aves migratorias terrestres y los resultados se presentan en el mapa 6. El coeficiente de correlación obtenido fue $\rho = 0.426$, $t(6534df) = 38.059$, $p < 0.001$. En este mapa se observa coincidencia entre los patrones de riqueza y rareza de las aves migratorias terrestres en Los Tuxtlas, en Veracruz y en la parte norte de Chiapas, así como en el sur de Nayarit, Colima y la vertiente del Pacífico de Guerrero y Oaxaca (áreas blancas en el mapa 6). Yucatán se caracterizó como una zona importante sólo para rareza, al igual que Baja California Norte y el norte de Sonora y Nuevo León (áreas azules del mapa). Por el contrario, la parte central del país (Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo) son áreas únicamente de riqueza (áreas verdes en el mapa). Algunas áreas tienen poca riqueza y pocas especies raras (áreas oscuras del mapa).

En la correlación entre riqueza y rareza de las aves migratorias acuáticas, se obtuvo un coeficiente de $\rho = 0.649$, $t(7331df) = 73.027$, $p < 0.001$ (Mapa 7). Las zonas costeras, particularmente en el norte del país fueron importantes para el número de especies y la proporción de especies de distribución restringida (áreas blancas en el mapa). El Golfo de California fue una zona de rareza (zonas azules del mapa), mientras que las planicies centrales del país y los estados del norte fueron áreas de riqueza (zonas verdes en el mapa). Las áreas pobres en especies y en especies raras son las zonas más oscuras del mapa 7.



Mapa 6. Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias terrestres. Las áreas blancas son áreas en donde coinciden las áreas de riqueza y rareza. Las áreas verdes tienen más especies y las azules son zonas de rareza, las áreas negras son áreas con pocas especies de los dos tipos.



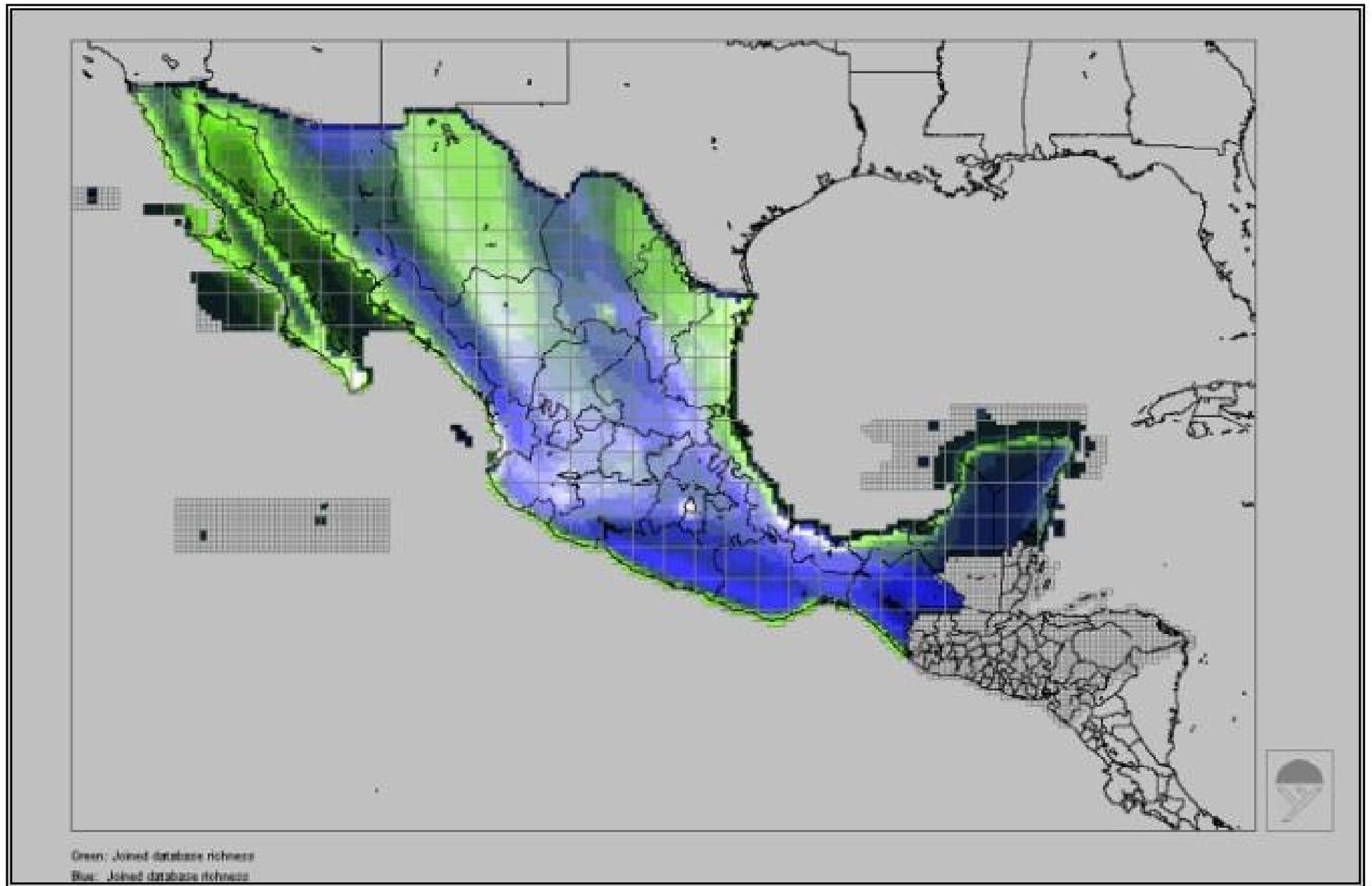
Mapa 7. Correlación entre riqueza y rareza de aves migratorias acuáticas. Las áreas blancas son áreas en donde coinciden las áreas de riqueza y rareza. Las áreas verdes tienen más especies y las azules son zonas de rareza, las áreas negras son áreas con pocas especies de los dos tipos.

4. 4. Correlación entre especies migratorias terrestres y migratorias acuáticas

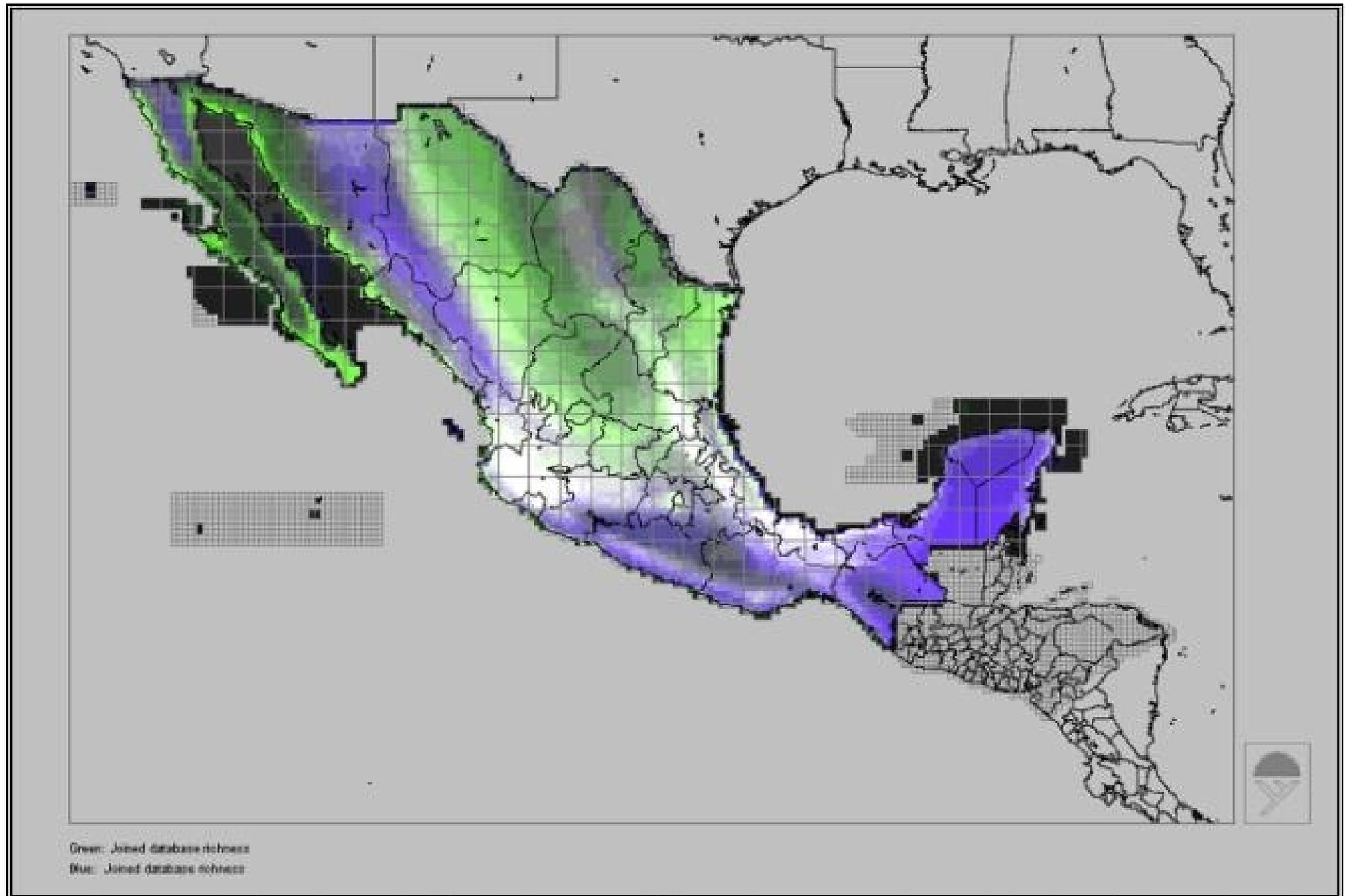
Cuando se hizo el análisis de correlación entre las especies de aves migratorias acuáticas y terrestres, se obtuvo el valor $\rho = 0.149$, $t(7336df) = 12.944$, $p < 0.001$ (mapa 8). Las áreas de coincidencia de especies migratorias terrestres y acuáticas se localizan en los Tuxtlas, el centro del país, la costa sur de Nayarit y centro de Jalisco y la punta sur de Baja California Sur (zonas blancas en el mapa). Las áreas ricas en especies son el sur de Guerrero y Oaxaca, sur y norte de Chiapas, Sinaloa y norte de Sonora (zonas verdes en el mapa); las áreas de rareza son las costas del Golfo de California, las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas y la costa de la Península de Yucatán (zonas azules del mapa). Las zonas más oscuras del mapa 8 representan áreas de poca riqueza y rareza.

4.5. Correlación entre especies residentes y especies migratorias

Comparando el mapa de riqueza de especies residentes en México (Valero y Escalante en preparación) con el mapa de riqueza de las especies migratorias terrestres, se obtuvo un coeficiente de correlación de $\rho = 0.437$, $t(7453df) = 41.898$, $p < 0.001$ (mapa 9). Nuevamente se observa una coincidencia de especies de ambos grupos en la parte oeste de México, en Jalisco y Nayarit, así como en la zona de Los Tuxtlas en Veracruz y a lo largo de la Sierra Madre Oriental, al igual que la zona cercana a los límites de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (zonas blancas en el mapa). Las áreas exclusivamente ricas en especies residentes son la Península de Yucatán, el este de Sonora y el norte de la península de Baja California (zonas azules del mapa), mientras que las áreas ricas sólo en especies migratorias neártico-neotropicales son las costas del Golfo de California, Chihuahua, Durango y Zacatecas, así como el norte de Tamaulipas (zonas verdes del mapa). Las áreas más oscuras del mapa son áreas con pocas especies tanto residentes como migratorias.



Mapa 6. Correlación entre riqueza de aves migratorias terrestres y acuáticas. Las áreas blancas son áreas en donde coinciden las áreas de riqueza. Las áreas verdes tiene más especies acuáticas y las azules más especies terrestres, las áreas negras son áreas con pocas especies de los dos tipos



Mapa 9. Correlación entre riqueza de aves migratorias terrestres y aves residentes. Las áreas blancas son áreas en donde coinciden las áreas de riqueza de los dos tipos de especies. Las áreas azules tienen más especies de aves residentes y las verdes son zonas de riqueza de aves migratorias, las áreas negras son áreas con pocas especies de los dos tipos.

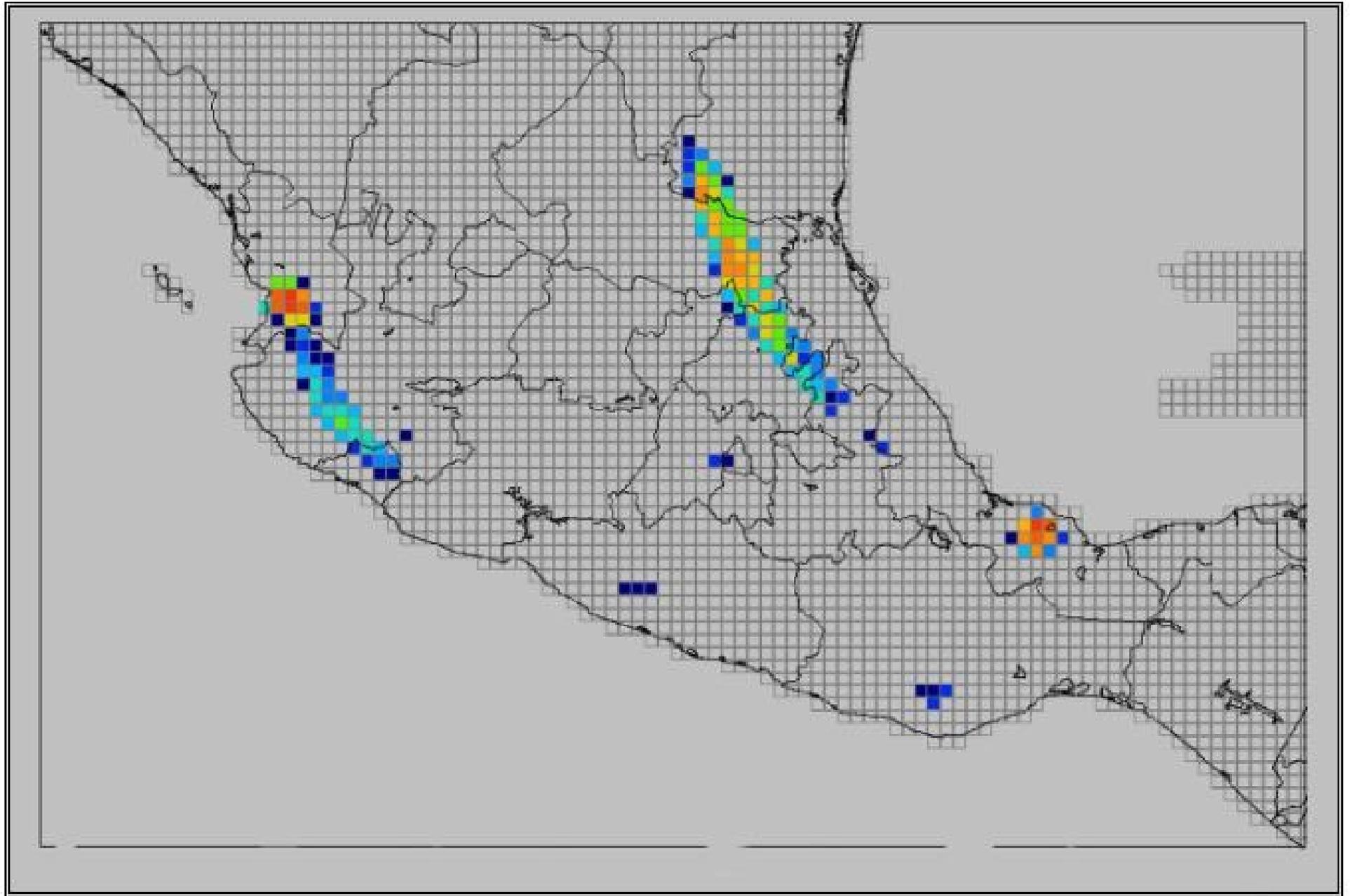
4.6. Hot spots de riqueza

A partir de los mapas de riqueza para cada grupo de especies, se seleccionaron 150 celdas con mayor número de especies. Los hot spots de aves migratorias terrestres se concentraron en Los Tuxtlas, el sur de Nayarit y centro de Jalisco, así como en una franja desde el sur de Tamaulipas hacia el sur y hasta el norte de Puebla (mapa 10). La lista de hot spots y el número de especies incluidas en cada uno está en el cuadro 4. En el caso de las aves migratorias acuáticas, los hot spots se concentraron en las costas de Baja California y de Tamaulipas (mapa 11). La lista de áreas y número de especies está en el cuadro 5.

Se evaluó la representatividad de los hot spots en las Áreas Naturales Protegidas de México y se encontró que el 10.6% de los hot spots de riqueza para aves migratorias neártico-neotropicales terrestres se encuentra dentro de alguna ANP, mientras que el 32% de los hot spots de riqueza para aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas se localiza dentro de ANP's. La lista de ANP que incluyen hot spots de riqueza se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Lista de Áreas Naturales Protegidas que incluyen hot spots de riqueza.

TERRESTRES	ACUÁTICAS
Sierra de Manantlán (Reserva de la Biosfera)	Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (Reserva de la Biosfera)
Sierra Gorda (Reserva de la Biosfera)	El Vizcaíno (Reserva de la Biosfera)
Los Tuxtlas (Reserva de la Biosfera)	Complejo Lagunar Ojo de Liebre (Reserva de la Biosfera)
Barranca de Meztitlán (Reserva de la Biosfera)	Islas del Golfo de California (Área de Protección de Flora y Fauna)
Sierra del Abra.Tanchipa (Reserva de la Biosfera)	Valle de los Cirios (Área de Protección de Flora y Fauna)
Cofre del Perote (Parque Nacional)	
El Jabalí (Área de Protección de Flora y Fauna)	
Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Área de Protección de Recursos Naturales)	



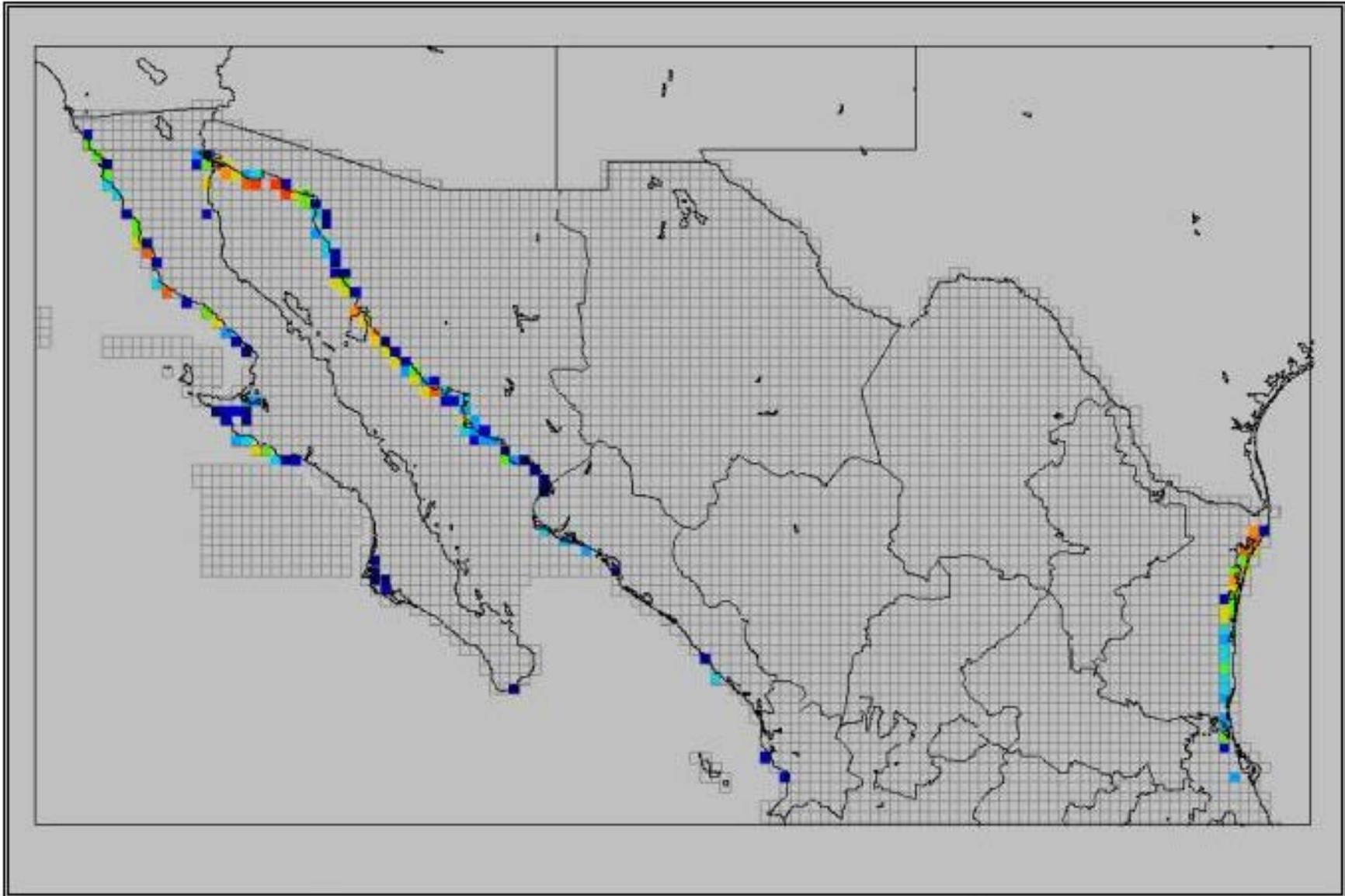
Mapa 10. Hot spots de riqueza de aves migratorias terrestres. El número de especies por celda va de 64 especies (celdas color rojo) a 49 especies (celdas azules)

CUADRO 4. LISTA DE HOT SPOTS DE RIQUEZA PARA AVES MIGRATORIAS NEÁRTICO-NEOTROPICALES TERRESTRES

Número de Hot spot	No.celda	Nombre de la celda	Estado	Número de especies	Incremento de especies	No. de especies acumulado	% de especies representadas	% Acumulado
1	5092	Río Lerma	Nayarit	64	64	64	56.14	56.14
2	6976	Laguna Catemaco	Veracruz	62	17	81	14.91	71.05
3	5185	Río Lerma	Nayarit	61	0	81	0	71.05
4	6977	Laguna Sontecomapan	Veracruz	60	0	81	0	71.05
5	5091	Río Lerma	Nayarit	60	1	82	0.88	71.93
6	7110	Río Balsas	Veracruz	60	0	82	0	71.93
7	5184	Río Huicila	Nayarit	59	1	83	0.88	72.81
8	5186	Río Lerma	Nayarit	59	1	84	0.88	73.68
9	4940	Río Panuco	San Luis Potosí	58	3	87	2.63	76.32
10	4939	Río Panuco	San Luis Potosí	58	2	89	1.75	78.07
11	7111	Río Balsas	Veracruz	58	0	89	0	78.07
12	7109	Río Papaloapan	Veracruz	58	0	89	0	78.07
13	4847	Río Panuco	San Luis Potosí	58	0	89	0	78.07
14	7243	Río Papaloapan	Veracruz	58	0	89	0	78.07
15	4773	Río Panuco	San Luis Potosí	58	0	89	0	78.07
16	5093	Río Lerma	Nayarit	58	0	89	0	78.07
17	4525	Río Panuco	Tamaulipas	58	2	91	1.75	79.82
18	4574	Río Panuco	San Luis Potosí	57	2	93	1.75	81.58
19	5034	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
20	4624	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
21	4848	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
22	5035	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
23	4698	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
24	6975	Río Papaloapan	Veracruz	57	0	93	0	81.58
25	4849	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
26	5129	Río Panuco	San Luis Potosí	57	0	93	0	81.58
27	4475	Río Panuco	Tamaulipas	57	0	93	0	81.58
28	4941	Río Panuco	San Luis Potosí	56	0	93	0	81.58
29	5582	Río Panuco	Veracruz	56	0	93	0	81.58
30	5401	Río Panuco	Hidalgo	56	0	93	0	81.58
31	4774	Río Panuco	San Luis Potosí	56	0	93	0	81.58
32	4526	Río Panuco	Tamaulipas	56	0	93	0	81.58
33	5033	Río Panuco	San Luis Potosí	56	0	93	0	81.58
34	5221	Río Panuco	Hidalgo	56	0	93	0	81.58
35	5310	Río Panuco	Hidalgo	56	0	93	0	81.58
36	5273	Río Lerma	Nayarit	56	0	93	0	81.58
37	5274	Río Lerma	Nayarit	56	0	93	0	81.58
38	5311	Río Panuco	Hidalgo	55	0	93	0	81.58
39	5127	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
40	5492	Río Panuco	Hidalgo	55	0	93	0	81.58
41	4625	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
42	4576	Río Panuco	Tamaulipas	55	0	93	0	81.58
43	5402	Río Panuco	Hidalgo	55	0	93	0	81.58
44	4700	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
45	4699	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
46	4575	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
47	4998	Río Lerma	Nayarit	55	0	93	0	81.58
48	4999	Río Lerma	Nayarit	55	0	93	0	81.58
49	4626	Río Panuco	San Luis Potosí	55	0	93	0	81.58
50	4476	Río Panuco	Tamaulipas	55	0	93	0	81.58
51	6019	Río Armería	Jalisco	55	0	93	0	81.58
52	4421	Río Panuco	Tamaulipas	55	0	93	0	81.58
53	5183	Río Huicila	Nayarit	54	0	93	0	81.58
54	5128	Río Panuco	San Luis Potosí	54	0	93	0	81.58
55	5491	Río Panuco	Hidalgo	54	0	93	0	81.58
56	6096	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
57	4772	Río Panuco	San Luis Potosí	54	0	93	0	81.58
58	5677	Río Tuxpan	Hidalgo	54	0	93	0	81.58
59	5772	Río Cazones	Hidalgo	54	0	93	0	81.58
60	6095	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
61	4623	Río Panuco	San Luis Potosí	54	0	93	0	81.58
62	5222	Río Panuco	San Luis Potosí	54	0	93	0	81.58
63	5220	Río Panuco	Querétaro	54	0	93	0	81.58
64	5927	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
65	5036	Río Panuco	San Luis Potosí	54	0	93	0	81.58
66	5734	Río Ameca	Jalisco	54	0	93	0	81.58
67	5309	Río Panuco	Hidalgo	54	0	93	0	81.58
68	6020	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
69	5872	Río Tecolutla	Puebla	54	0	93	0	81.58
70	4527	Río Panuco	Tamaulipas	54	0	93	0	81.58
71	5928	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
72	5833	Río Armería	Jalisco	54	0	93	0	81.58
73	6211	Río Armería	Colima	54	0	93	0	81.58

CUADRO 4. CONTINUACIÓN

74	5581	Río Panuco	Hidalgo	53	0	93	0	81.58
75	5639	Río Ameca	Jalisco	53	0	93	0	81.58
76	5676	Río Tuxpan	Veracruz	53	0	93	0	81.58
77	5493	Río Panuco	Veracruz	53	0	93	0	81.58
78	5926	Río Armería	Jalisco	53	0	93	0	81.58
79	4846	Río Panuco	San Luis Potosí	53	0	93	0	81.58
80	4697	Río Panuco	San Luis Potosí	53	0	93	0	81.58
81	5638	Río Ameca	Jalisco	53	0	93	0	81.58
82	4775	Río Panuco	San Luis Potosí	53	0	93	0	81.58
83	6094	Río Armería	Jalisco	53	0	93	0	81.58
84	7242	Río Papaloapan	Veracruz	53	0	93	0	81.58
85	5773	Río Cazones	Puebla	53	0	93	0	81.58
86	5126	Río Panuco	Querétaro	53	0	93	0	81.58
87	6018	Río Armería	Jalisco	53	0	93	0	81.58
88	5929	Río Armería	Jalisco	53	0	93	0	81.58
89	5223	Río Panuco	Hidalgo	53	0	93	0	81.58
90	6212	Laguna de Sayula	Colima	53	0	93	0	81.58
91	4422	Río Panuco	Tamaulipas	53	0	93	0	81.58
92	5544	Río Ameca	Jalisco	52	0	93	0	81.58
93	5400	Río Panuco	Hidalgo	52	0	93	0	81.58
94	5678	Río Cazones	Puebla	52	0	93	0	81.58
95	5403	Río Panuco	Hidalgo	52	0	93	0	81.58
96	4364	Río Panuco	Tamaulipas	52	0	93	0	81.58
97	5494	Río Tuxpan	Veracruz	52	0	93	0	81.58
98	7244	Río Papaloapan	Veracruz	52	0	93	0	81.58
99	6848	Laguna Sontecomapan	Veracruz	52	0	93	0	81.58
100	5774	Río Cazones	Puebla	52	0	93	0	81.58
101	5584	Río Tuxpan	Hidalgo	52	0	93	0	81.58
102	6326	Río Coahuayana	Colima	52	0	93	0	81.58
103	6327	Río Coahuayana	Colima	52	0	93	0	81.58
104	4474	Río Panuco	Tamaulipas	52	0	93	0	81.58
105	5834	Río Armería	Jalisco	52	0	93	0	81.58
106	5735	Río Ameca	Jalisco	52	0	93	0	81.58
107	5365	Río Ameca	Jalisco	52	0	93	0	81.58
108	5835	Río Armería	Jalisco	52	0	93	0	81.58
109	5455	Río Ameca	Jalisco	51	0	93	0	81.58
110	5583	Río Tuxpan	Veracruz	51	0	93	0	81.58
111	8132	Río Tehuantepec	Oaxaca	51	0	93	0	81.58
112	6325	Río Armería	Colima	51	0	93	0	81.58
113	5874	Río Tecolutla	Puebla	51	0	93	0	81.58
114	4420	Río Panuco	Tamaulipas	51	0	93	0	81.58
115	5187	Río Lerma	Nayarit	51	0	93	0	81.58
116	4363	Río Panuco	Tamaulipas	51	0	93	0	81.58
117	5640	Río Ameca	Jalisco	51	0	93	0	81.58
118	6352	Lago de Texcoco	Estado de México	51	1	94	0.88	82.46
119	4938	Río Panuco	San Luis Potosí	51	0	94	0	82.46
120	7112	Río Balsas	Veracruz	51	0	94	0	82.46
121	5308	Río Panuco	Hidalgo	51	0	94	0	82.46
122	5966	Río Tecolutla	Puebla	51	0	94	0	82.46
123	6251	Río Actopan	Veracruz	51	0	94	0	82.46
124	8192	Río Tehuantepec	Oaxaca	51	0	94	0	82.46
125	6210	Río Armería	Colima	51	0	94	0	82.46
126	5546	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
127	8131	Río Tehuantepec	Oaxaca	50	0	94	0	82.46
128	5456	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
129	5000	Río Lerma	Nayarit	50	0	94	0	82.46
130	7108	Río Papaloapan	Veracruz	50	0	94	0	82.46
131	5873	Río Tecolutla	Puebla	50	0	94	0	82.46
132	5545	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
133	8130	Río Verde	Oaxaca	50	0	94	0	82.46
134	5219	Río Panuco	Querétaro	50	0	94	0	82.46
135	7508	Río Balsas	Guerrero	50	0	94	0	82.46
136	7509	Río Balsas	Guerrero	50	0	94	0	82.46
137	5733	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
138	5454	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
139	4477	Río Panuco	Tamaulipas	50	0	94	0	82.46
140	5272	Río Huicila	Nayarit	50	0	94	0	82.46
141	5275	Río Lerma	Nayarit	50	0	94	0	82.46
142	7507	Río Balsas	Guerrero	50	0	94	0	82.46
143	5364	Río Ameca	Jalisco	50	0	94	0	82.46
144	4524	Río Panuco	Tamaulipas	50	0	94	0	82.46
145	6353	Lago de Texcoco	Distrito Federal	50	0	94	0	82.46
146	6442	Río Coahuayana	Colima	50	0	94	0	82.46
147	6443	Río Coahuayana	Colima	50	0	94	0	82.46
148	4304	Río Panuco	Tamaulipas	49	0	94	0	82.46
149	6099	Río Coahuayana	Colima	49	0	94	0	82.46
150	6135	Río Nautla	Puebla	49	0	94	0	82.46



Mapa 11. Hot spots de riqueza de aves migratorias acuáticas. El número de especies por celda va de 52 especies (celdas color rojo) a 42 especies (celdas azules).

CUADRO 5. LISTA DE HOT SPOTS DE RIQUEZA PARA AVES MIGRATORIAS NEÁRTICO-NEOTROPICALES ACUÁTICAS

Número de Hot spot	No.celda	Nombre de la celda	Estado	Número de especies	Incremento de especies	No. de especies acumulado	% de especies representadas	% Acumulado
1	256	Golfo de California	Sonora	52	52	52	65.82	65.82
2	205	Golfo de California	Sonora	51	2	54	2.53	68.35
3	207	Golfo de California	Sonora	51	0	54	0	68.35
4	3482	Río Bravo	Tamaulipas	50	11	65	13.92	82.28
5	204	Golfo de California	Sonora	50	0	65	0	82.28
6	639	Río Guadalupe	Baja California Norte	50	1	66	1.27	83.54
7	570	Río Guadalupe	Baja California Norte	49	0	66	0	83.54
8	145	Río Guadalupe	Baja California Norte	49	2	68	2.53	86.08
9	56	Río Guadalupe	Baja California Norte	49	0	68	0	86.08
10	3377	Río Bravo	Tamaulipas	49	1	69	1.27	87.34
11	1856	Golfo de California	Sonora	49	0	69	0	87.34
12	922	Costa del Pacífico	Baja California Norte	49	0	69	0	87.34
13	79	Río Guadalupe	Baja California Norte	49	1	70	1.27	88.61
14	1293	Río Bacabachic	Sonora	48	0	70	0	88.61
15	502	Río Guadalupe	Baja California Norte	48	0	70	0	88.61
16	157	Golfo de California	Sonora	48	0	70	0	88.61
17	435	Río Guadalupe	Baja California Norte	48	0	70	0	88.61
18	3272	Río Bravo	Tamaulipas	48	0	70	0	88.61
19	3772	Río San Fernando	Tamaulipas	48	0	70	0	88.61
20	1107	Golfo de California	Sonora	48	0	70	0	88.61
21	115	Río Colorado	Baja California Norte	48	0	70	0	88.61
22	3851	Boca Jesús María	Tamaulipas	47	1	71	1.27	89.87
23	1492	Golfo de California	Sonora	47	0	71	0	89.87
24	3692	Golfo de México	Tamaulipas	47	0	71	0	89.87
25	1184	Costa del Pacífico	Baja California Norte	47	0	71	0	89.87
26	3997	Boca Jesús María	Tamaulipas	47	0	71	0	89.87
27	158	Golfo de California	Sonora	47	0	71	0	89.87
28	863	Golfo de California	Sonora	47	0	71	0	89.87
29	190	Río Guadalupe	Baja California Norte	47	0	71	0	89.87
30	1581	Golfo de California	Sonora	47	0	71	0	89.87
31	940	Golfo de California	Sonora	47	0	71	0	89.87
32	200	Río San Jose	Baja California Norte	47	0	71	0	89.87
33	2134	Aguaje Cocoraque	Sonora	47	0	71	0	89.87
34	3483	Golfo de México	Tamaulipas	47	1	72	1.27	91.14
35	1199	Isla Tiburon	Sonora	47	0	72	0	91.14
36	1092	Costa del Pacífico	Baja California Norte	47	0	72	0	91.14
37	1763	Golfo de California	Sonora	47	0	72	0	91.14
38	239	Río Guadalupe	Baja California Norte	47	0	72	0	91.14
39	1855	Golfo de California	Sonora	47	0	72	0	91.14
40	1395	Golfo de California	Sonora	47	0	72	0	91.14
41	4064	Boca Jesús María	Tamaulipas	47	0	72	0	91.14
42	116	Río Colorado	Sonora	47	0	72	0	91.14
43	2384	Costa del Pacífico	Baja California Sur	47	1	73	1.27	92.41
44	257	Río Sonorita	Sonora	47	0	73	0	92.41
45	2294	Costa del Pacífico	Baja California Sur	46	0	73	0	92.41
46	864	Laguna San Ignacio	Sonora	46	0	73	0	92.41
47	36	Río Guadalupe	Baja California Norte	46	0	73	0	92.41
48	3691	Río Bravo	Tamaulipas	46	0	73	0	92.41
49	2497	Río Mayo	Sonora	46	0	73	0	92.41
50	322	Golfo de California	Sonora	46	0	73	0	92.41
51	3927	Boca Jesús María	Tamaulipas	46	0	73	0	92.41
52	3587	Golfo de México	Tamaulipas	46	0	73	0	92.41
53	845	Río Guadalupe	Baja California Norte	46	0	73	0	92.41
54	4781	Río Panuco	Veracruz	46	0	73	0	92.41
55	4374	Río San Rafael	Tamaulipas	46	0	73	0	92.41
56	114	Río Colorado	Baja California Norte	46	0	73	0	92.41
57	3998	Boca Jesús María	Tamaulipas	46	0	73	0	92.41
58	2385	Río Guadalupe	Baja California Sur	46	0	73	0	92.41
59	1673	Golfo de California	Sonora	46	0	73	0	92.41
60	258	Río Sonorita	Sonora	46	0	73	0	92.41
61	160	Bahía Adair	Sonora	45	0	73	0	92.41
62	388	Bahía San Jorge	Sonora	45	0	73	0	92.41
63	104	Río Guadalupe	Baja California Norte	45	0	73	0	92.41
64	4431	Río San Rafael	Tamaulipas	45	0	73	0	92.41
65	4485	Río San Rafael	Tamaulipas	45	0	73	0	92.41
66	589	Golfo de California	Sonora	45	0	73	0	92.41
67	4380	Río Presidio	Sinaloa	45	1	74	1.27	93.67
68	3201	Bahía Topolabampo	Sinaloa	45	0	74	0	93.67
69	4255	Río Soto la Marina	Tamaulipas	45	0	74	0	93.67
70	1278	Costa del Pacífico	Baja California Norte	45	0	74	0	93.67
71	4315	Río San Rafael	Tamaulipas	45	0	74	0	93.67
72	1857	Río Guaymas	Sonora	45	0	74	0	93.67
73	657	Golfo de California	Sonora	45	0	74	0	93.67

CUADRO 5. CONTINUACIÓN

74	1951	Río Matape	Sonora	45	0	74	0	93.67
75	4129	Boca Jesús María	Tamaulipas	45	0	74	0	93.67
76	2474	Costa del Pacífico	Baja California Sur	45	0	74	0	93.67
77	1929	Río Guadalupe	Baja California Sur	45	0	74	0	93.67
78	369	Río Guadalupe	Baja California Norte	45	0	74	0	93.67
79	2225	Golfo de California	Sonora	45	0	74	0	93.67
80	4535	Río San Rafael	Tamaulipas	44	0	74	0	93.67
81	2018	Río Guadalupe	Baja California Sur	44	0	74	0	93.67
82	89	Río Colorado	Baja California Norte	44	0	74	0	93.67
83	2498	Río Mayo	Sonora	44	0	74	0	93.67
84	4707	Río San Rafael	Veracruz	44	0	74	0	93.67
85	4633	Golfo de México	Tamaulipas	44	0	74	0	93.67
86	2135	Aguaje Cocoraque	Sonora	44	0	74	0	93.67
87	520	Golfo de California	Sonora	44	0	74	0	93.67
88	5135	Laguna de Tamiahua	Veracruz	44	0	74	0	93.67
89	2042	Río Matape	Sonora	44	0	74	0	93.67
90	2319	Aguaje Cocoraque	Sonora	44	0	74	0	93.67
91	1381	Costa del Pacífico	Baja California Norte	44	0	74	0	93.67
92	775	Río Guadalupe	Baja California Norte	44	0	74	0	93.67
93	4192	Boca Jesús María	Tamaulipas	44	0	74	0	93.67
94	3308	Bahía Topolabampo	Sinaloa	44	0	74	0	93.67
95	2293	Costa del Pacífico	Baja California Sur	44	0	74	0	93.67
96	1672	Golfo de California	Sonora	44	0	74	0	93.67
97	3416	Presa Eustaquio Bal	Sinaloa	44	0	74	0	93.67
98	2318	Aguaje Cocoraque	Sonora	44	0	74	0	93.67
99	1764	Cabecera Municipal Agua Nueva	Sonora	44	0	74	0	93.67
100	1930	Río Guadalupe	Baja California Sur	44	0	74	0	93.67
101	1002	Costa del Pacífico	Baja California Norte	44	0	74	0	93.67
102	159	Bahía Adair	Sonora	44	0	74	0	93.67
103	2226	Aguaje Cocoraque	Sonora	44	0	74	0	93.67
104	1950	Golfo de California	Sonora	43	0	74	0	93.67
105	1493	Río Sonora	Sonora	43	0	74	0	93.67
106	2019	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	74	0	93.67
107	2110	Costa del Pacífico	Baja California Sur	43	0	74	0	93.67
108	113	Río San José	Baja California Norte	43	0	74	0	93.67
109	3605	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	74	0	93.67
110	323	Bahía San Jorge	Sonora	43	0	74	0	93.67
111	3500	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	74	0	93.67
112	571	Río Guadalupe	Baja California Norte	43	0	74	0	93.67
113	5090	Río Huicila	Nayarit	43	1	75	1.27	94.94
114	708	Río Guadalupe	Baja California Norte	43	0	75	0	94.94
115	846	Río Guadalupe	Baja California Norte	43	0	75	0	94.94
116	2017	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
117	2475	Costa del Pacífico	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
118	941	Laguna San Ignacio	Sonora	43	0	75	0	94.94
119	1949	Golfo de California	Sonora	43	0	75	0	94.94
120	4263	Río Quelite	Sinaloa	43	0	75	0	94.94
121	3775	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
122	377	Río San José	Baja California Norte	43	0	75	0	94.94
123	2317	Golfo de California	Sonora	43	0	75	0	94.94
124	1765	Río Guaymas	Sonora	43	0	75	0	94.94
125	3289	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
126	1396	Río Bacabachic	Sonora	43	0	75	0	94.94
127	3926	Boca Jesús María	Tamaulipas	43	0	75	0	94.94
128	3629	Río Tule	Sinaloa	43	0	75	0	94.94
129	208	Bahía Adair	Sonora	43	0	75	0	94.94
130	793	Golfo de California	Sonora	43	0	75	0	94.94
131	658	Laguna San Ignacio	Sonora	43	0	75	0	94.94
132	2227	Aguaje Cocoraque	Sonora	43	0	75	0	94.94
133	3273	Río Bravo	Tamaulipas	43	0	75	0	94.94
134	4855	Laguna de Tamiahua	Veracruz	43	0	75	0	94.94
135	4901	Río Mezquital	Nayarit	43	0	75	0	94.94
136	90	Río Colorado	Baja California Norte	43	0	75	0	94.94
137	2476	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
138	726	Laguna San Ignacio	Sonora	43	0	75	0	94.94
139	1582	Río Sonora	Sonora	43	0	75	0	94.94
140	2111	Río Guadalupe	Baja California Sur	43	0	75	0	94.94
141	2594	Presa Josefa Ortiz	Sonora	42	0	75	0	94.94
142	923	Río Guadalupe	Baja California Norte	42	0	75	0	94.94
143	2572	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94
144	2202	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94
145	2295	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94
146	3695	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94
147	2409	Aguaje Cocoraque	Sonora	42	0	75	0	94.94
148	2020	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94
149	794	Laguna San Ignacio	Sonora	42	0	75	0	94.94
150	3694	Río Guadalupe	Baja California Sur	42	0	75	0	94.94

4.7. Patrones de riqueza en relación con las Áreas Naturales Protegidas (ANP)

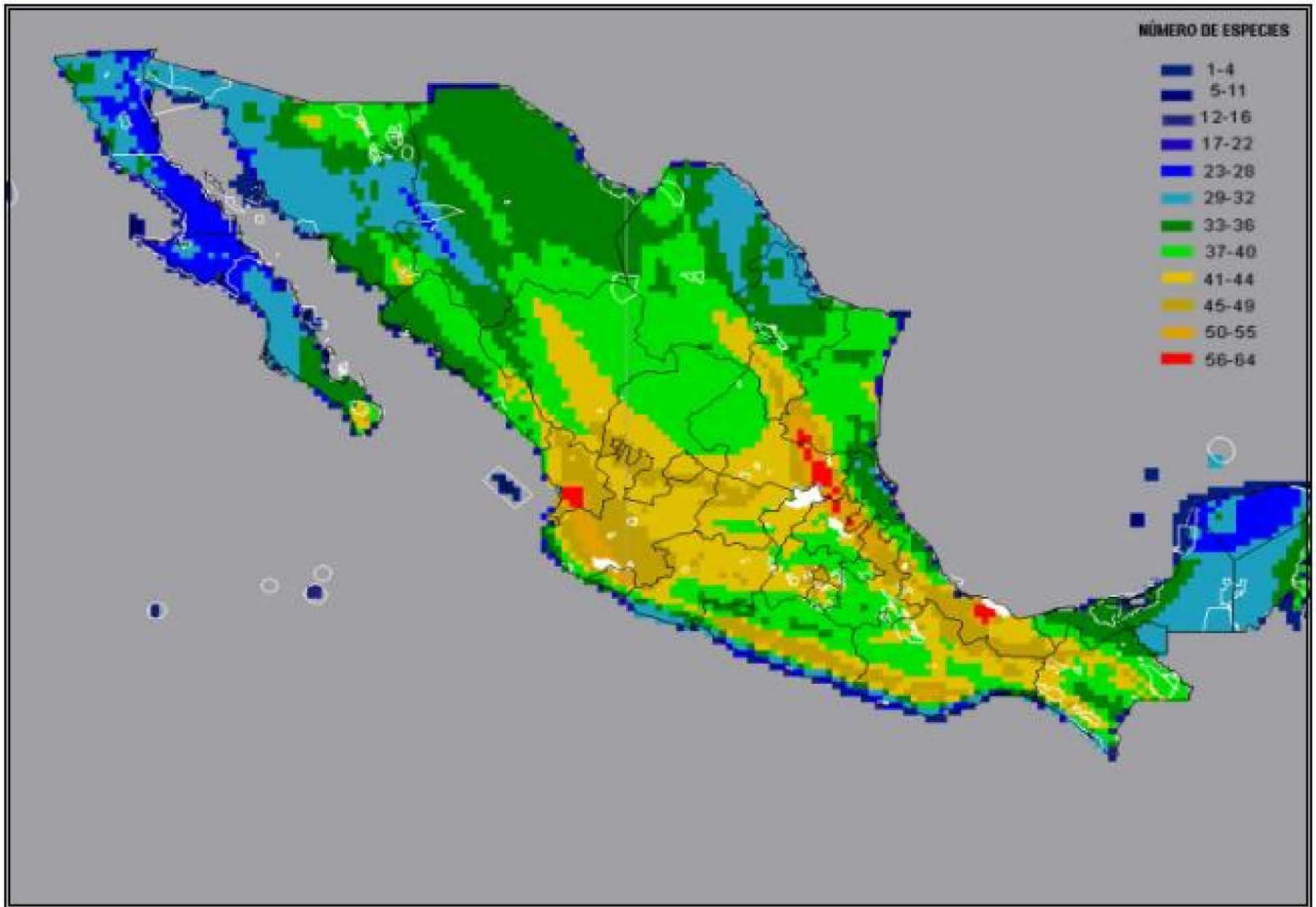
Al analizar la riqueza de aves migratorias terrestres con los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (mapa 12), se observa que las ANP coinciden principalmente con zonas de riqueza media y baja de las aves migratorias (Cuadro 7). Las Áreas Naturales Protegidas que incluyen áreas de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres son las Reservas de la Biosfera Sierra de Manantlán en Jalisco y Colima, Sierra Gorda en Querétaro, Sierra del Abra-Tanchipa en San Luis Potosí, Barranca de Mezquitlán en Hidalgo y los Tuxtlas en Veracruz. También el Parque Nacional Cofre del Perote en Veracruz, el Área de Protección de Flora y Fauna El Jabalí en Colima y el Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa en Puebla.

Al analizar la riqueza de aves migratorias acuáticas con los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (mapas 13), se observa nuevamente que las ANP están localizadas en zonas de riqueza media de aves migratorias acuáticas (Cuadro 7). Las Áreas Naturales Protegidas que incluyen áreas de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas son las Reservas de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado en Baja California Norte y Sonora, El Vizcaíno y El Complejo Laguna Ojo de Liebre, ambos en Baja California Sur; también el Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios en Baja California Norte y las Islas del Golfo de California.

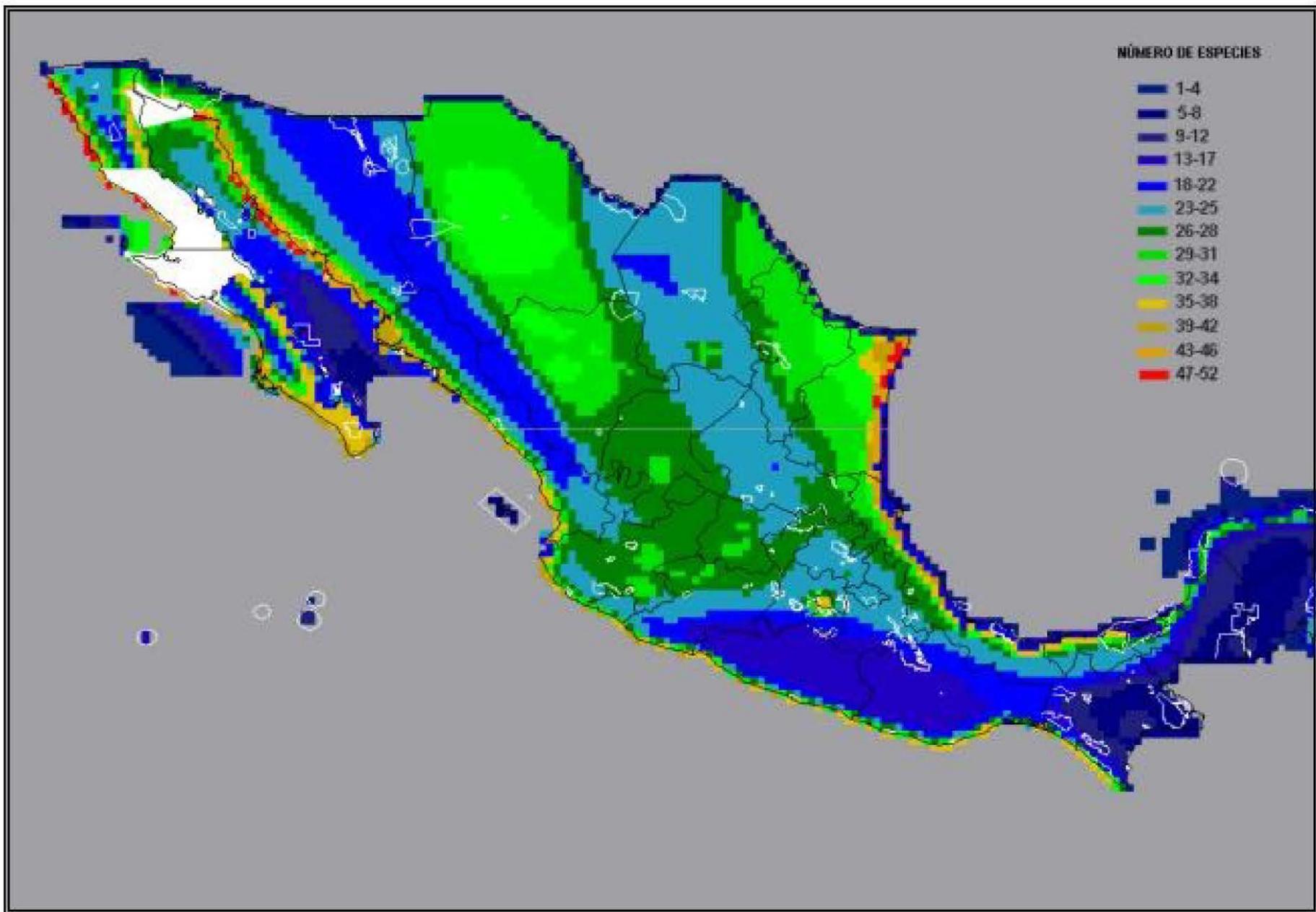
4.8. Patrones de riqueza en relación con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICAS)

Al sobreponer el mapa de las AICAS sobre el de riqueza de aves migratorias terrestres se observa que, aunque en las áreas de mayor riqueza de aves migratorias hay algunas AICAS, la mayoría coincide con áreas de riqueza media (mapa 14, Cuadro 7). Las AICAS que coinciden con áreas de riqueza de aves migratorias terrestres son la Sierra de Manantlán, El Nevado de Colima, la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, El Cielo, Sierra Gorda, la Sierra de Atoyac, Sierra del Abra-Tanchipa, San Nicolás de los Montes, Tlanchinol, Huayacocotla, Sur del Valle de México, Los Tuxtlas, Sierra de Mihuatlán y Centro de Veracruz (mapa 14).

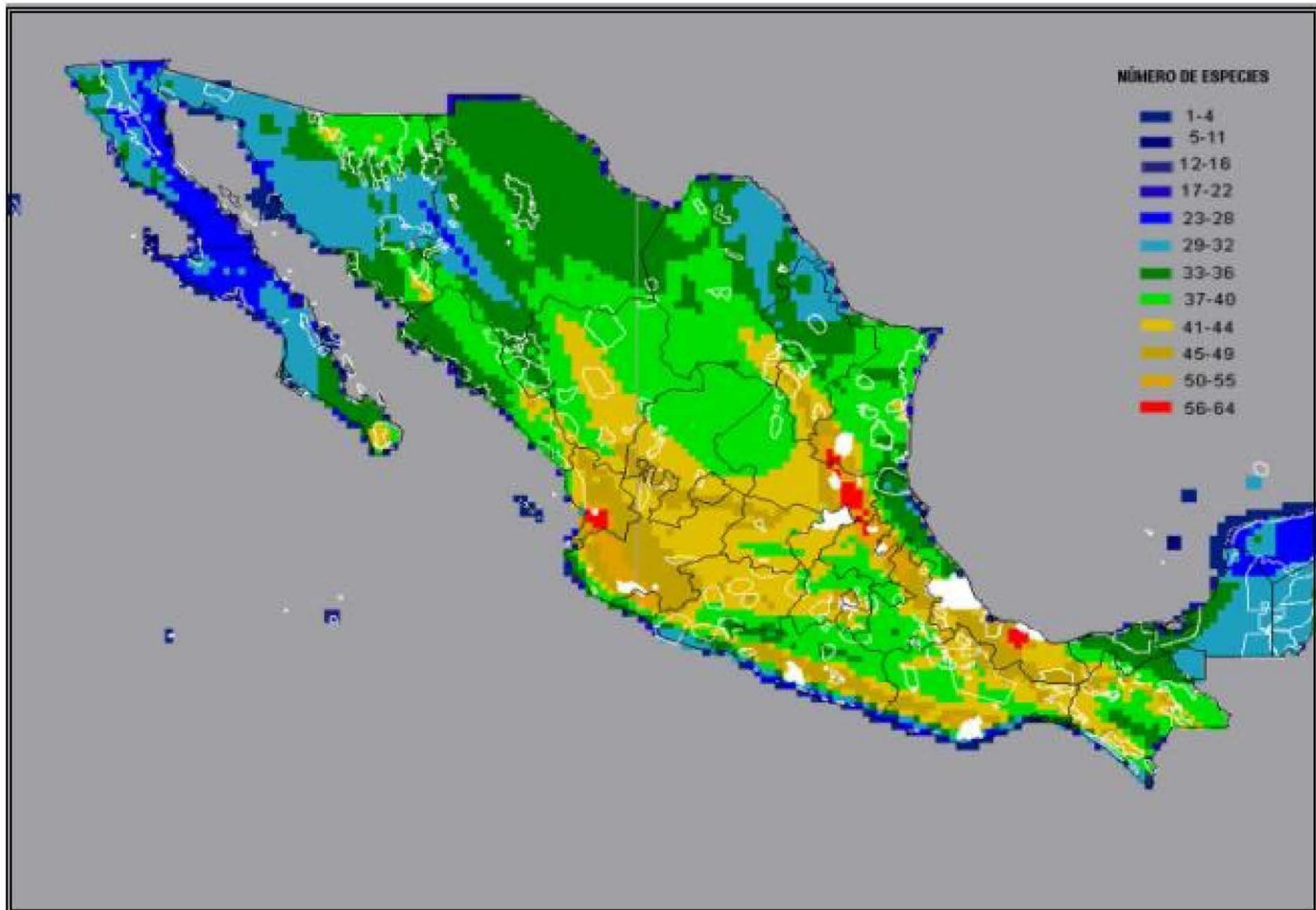
En el mapa 15 se presentan las AICAS y el patrón de riqueza de aves migratorias acuáticas, en esta caso se observa un mayor número de AICAS que coinciden con áreas de riqueza de aves migratorias acuáticas aunque la mayoría coincide con áreas de riqueza media (Cuadro 7). Las AICAS que coinciden con áreas de riqueza son la Bahía de Todos los Santos, el Área de San Quintín, el Delta del Río Colorado, las islas de San Jerónimo, San Pedro Nolasco, Asunción y San Roque, la Bahía e Islas de San Jorge, el Complejo Lagunar San Ignacio, la Bahía Magdalena-Almejas, las zonas húmedas Yávaros, Sistema la Luna, Bahía Santa María, bahía Navachiste, Cerro del Metate, Rancho los Colorados, Humedales del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, Laguna madre, Desembocadura del Río Soto la marina y Río Bravo (mapa 15)



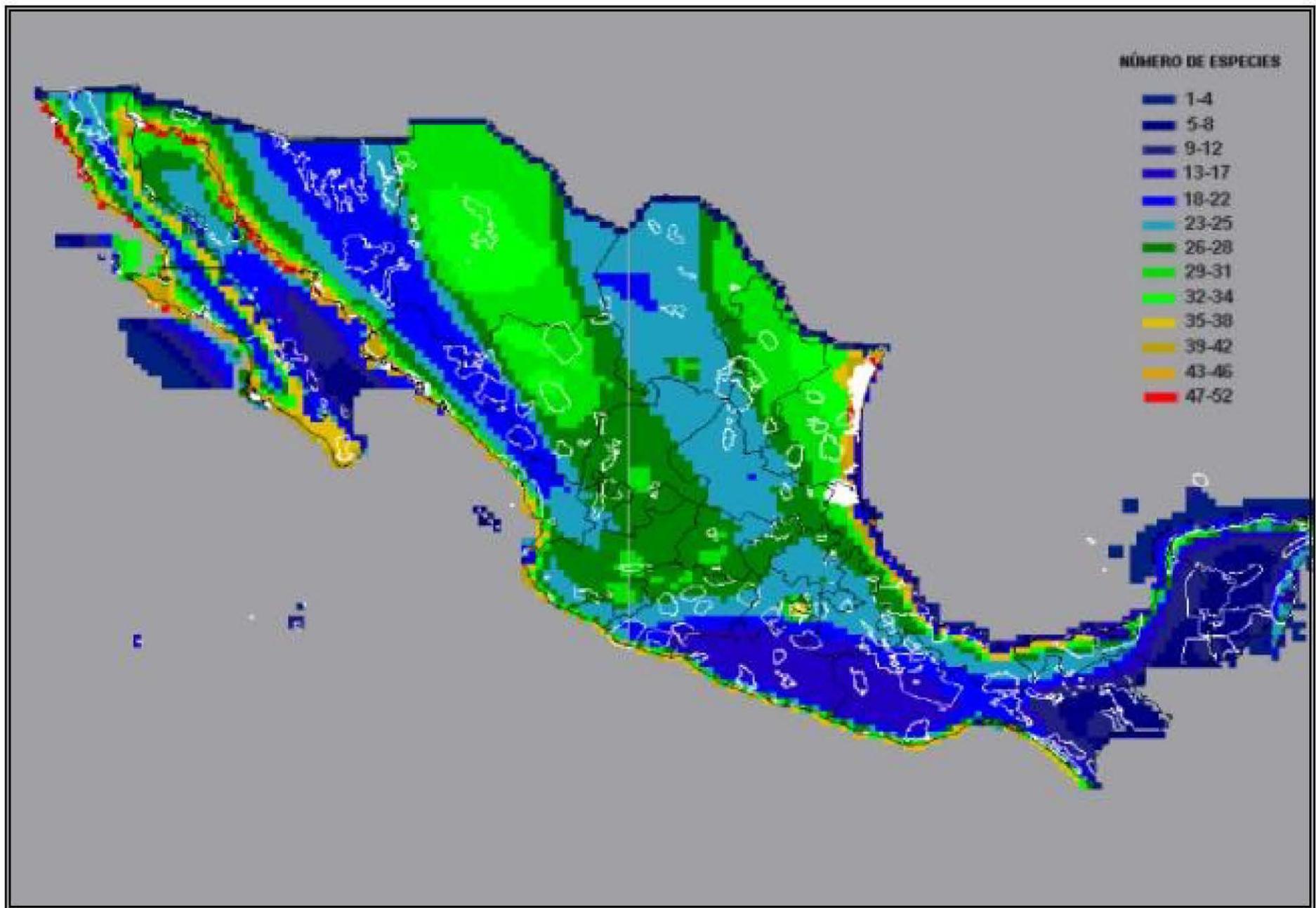
Mapa 12. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias terrestres y las Áreas Naturales Protegidas. Las áreas rellenas en blanco son las ANP que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).



Mapa 13. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias acuáticas y las Áreas Naturales Protegidas. Las áreas rellenas en blanco son las ANP que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).



Mapa 14. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias terrestres y las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en México. Las áreas rellenas en blanco son las AICAS que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).



Mapa 15. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias acuáticas y las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en México. Las áreas rellenas en blanco son las AICAS que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).

Cuadro 7. Porcentajes de ANP's, AICAS y Regiones Prioritarias para Conservación que incluyen parcialmente áreas de riqueza de especies migratorias neártico-neotropicales.

AVES MIGRATORIAS TERRESTRES	ANP (%)	AICAS (%)	RPT (%)	RPH (%)	RPM (%)
Riqueza alta (49-64 especies)	4	6.1	6.5		
Riqueza media (23-48 especies)	77	74.3	88.2		
Riqueza baja (5-22 especies)	7	8.2	4		
Riqueza muy baja (1-4 especies)	12	11.4	1.3		
AVES MIGRATORIAS ACUÁTICAS					
Riqueza alta (43-52 especies)	3.2	8.6		5	8.7
Riqueza media (23-42 especies)	78.5	61.2		60	34.6
Riqueza baja (5-22 especies)	17	26.1		32	36
Riqueza muy baja (1-4 especies)	1.3	4.1		3	12
Sin especies	0	0	0	0	8.7

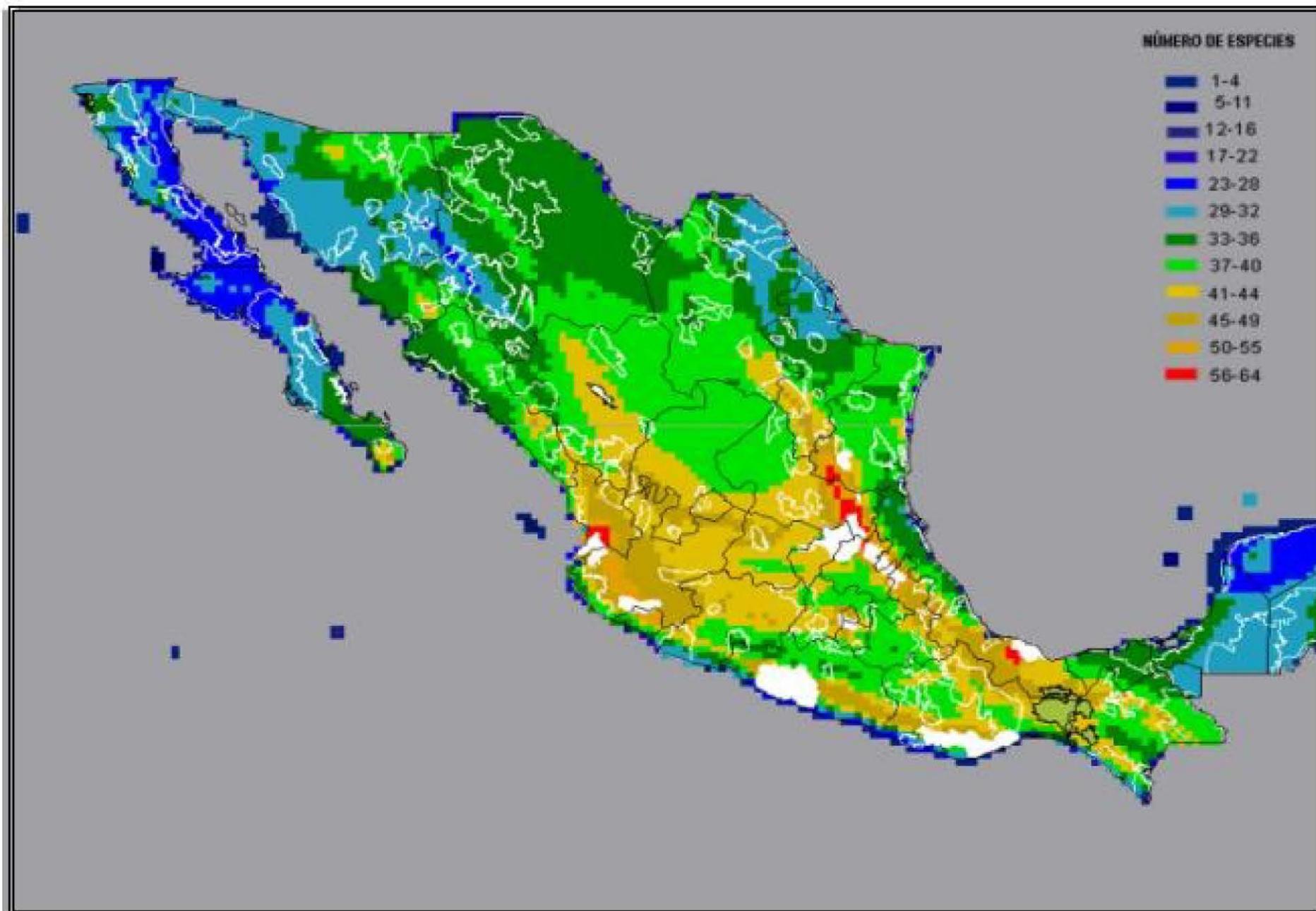
4.9. Patrones de riqueza en relación con las Regiones Prioritarias para Conservación

Cuando se compara la distribución de las aves migratorias terrestres y la localización de las Regiones Terrestres Prioritarias para la Conservación, se observa que algunas incluyen áreas de riqueza de aves migratorias terrestres (mapa 16, cuadro 7). Las regiones terrestres prioritarias que incluyen áreas de riqueza de aves migratorias terrestres son Manantlán-Volcán de Colima, Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental, El Cielo, Sierra del Abra-Tanchipa, Sierra Vallejo-Río Ameca, Sierra Gorda-Río Moctezuma, Sierra de los Tuxtlas, Sierra Madre del Sur de Guerrero, Sierra Sur y Costa de Oaxaca y Ajusco-Chichinautzin (Mapa16).

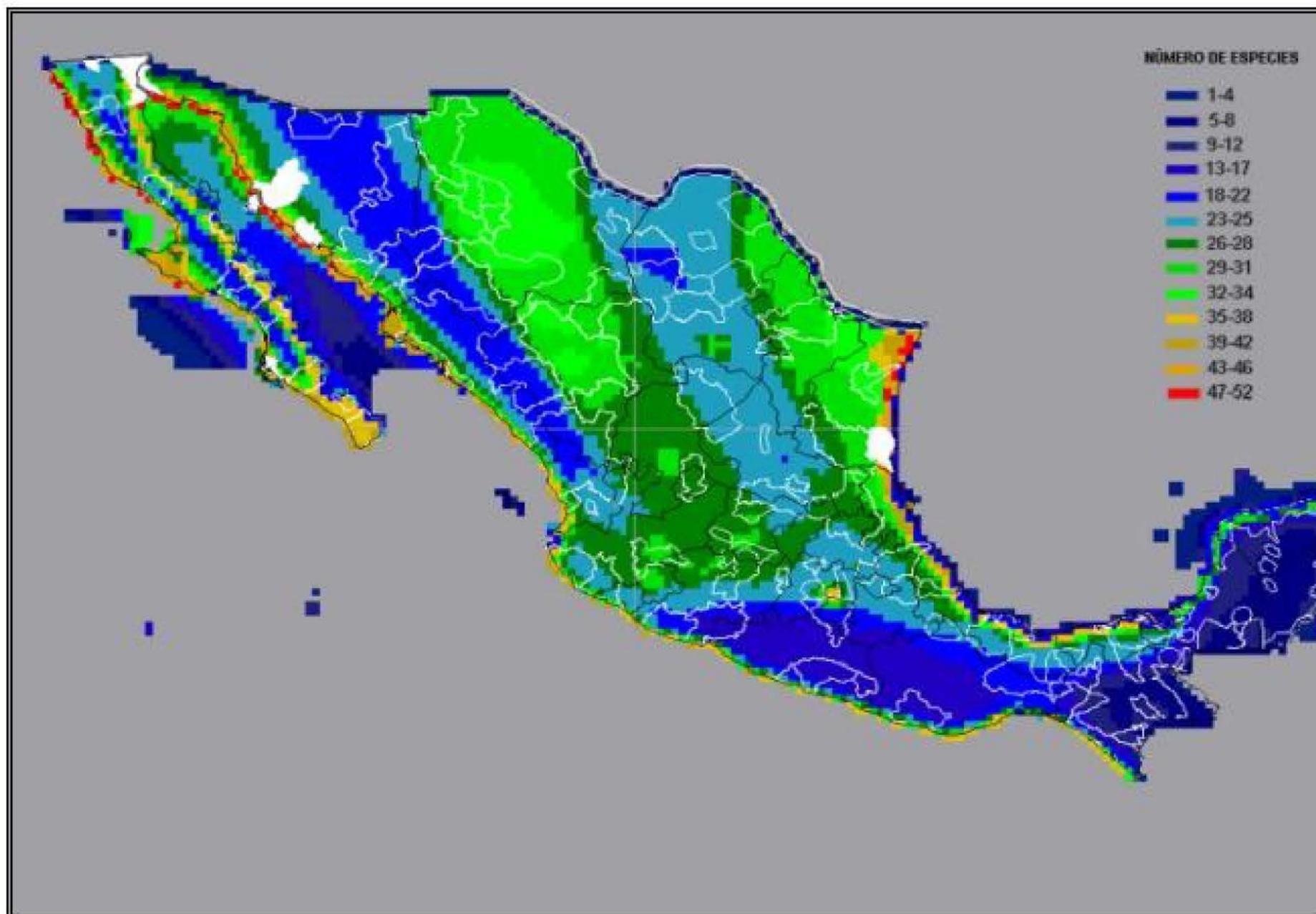
Al comparar la distribución de la riqueza de las aves migratorias acuáticas con las Regiones Hidrológicas Prioritarias para la Conservación (Mapa 17, cuadro 7) y con las Regiones Marinas Prioritarias para la Conservación, se observa que hay una coincidencia entre estas áreas y las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas (mapa 18, cuadro 7).

Las Regiones Hidrológicas que incluyen áreas de riqueza son Cenotes de Aldama, Bahía Magdalena, Isla Tiburón-Río Bacoachi, Delta del Río Colorado y Cajón del Diablo (mapa 17). Las Regiones Marinas Prioritarias Marinas que coinciden con áreas de riqueza de aves migratorias acuáticas son la región ensenadense, Golfo de California, Bahía Magdalena, Sistema lagunar de Sonora, Canal del Infiernillo y Laguna Madre (mapa 18).

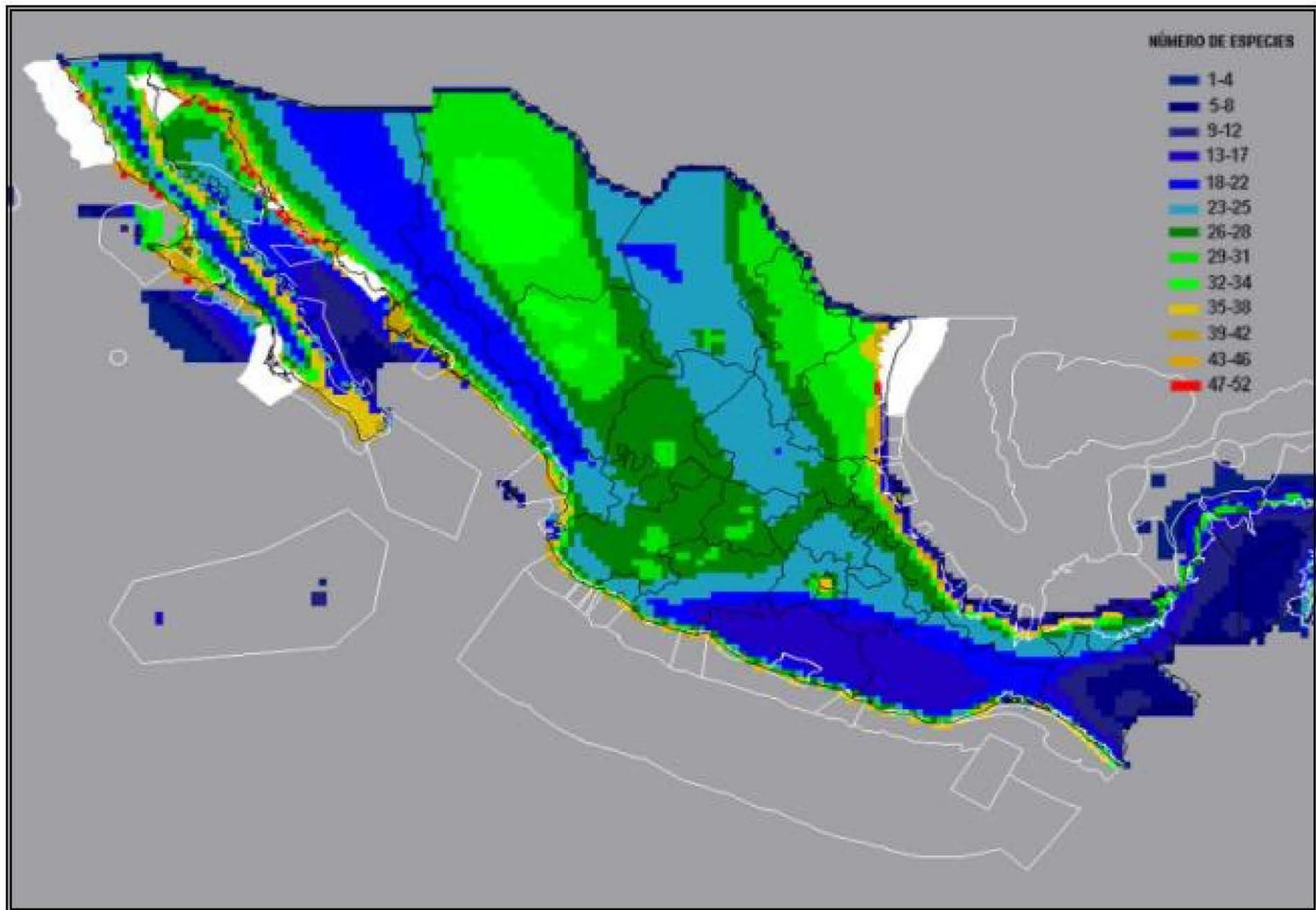
Cabe mencionar que las regiones prioritarias no cuentan con protección oficial y en muchos de los casos abarcan regiones tan grandes que no son manejables como áreas naturales protegidas.



Mapa 16. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias terrestres y las Regiones Terrestres Prioritarias. Las áreas rellenas en blanco son las RTP que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).



Mapa 17. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias acuáticas y las Regiones Hidrológicas Prioritarias. Las áreas rellenas en blanco son las RHP que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).



Mapa 18. Comparación entre la riqueza de las aves migratorias acuáticas y las Regiones Marinas Prioritarias. Las áreas rellenas en blanco son las RMP que coinciden parcialmente con áreas de máxima riqueza de especies (ver texto).

5. DISCUSIÓN

5.1. Patrones de riqueza y rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales

A partir de los mapas de riqueza generados para las aves migratorias terrestres y acuáticas, se observa que los patrones son diferentes. La mayor riqueza de aves migratorias terrestres se concentra en la parte oeste del país, en los estados de Nayarit y Jalisco y a lo largo de la Sierra Madre Oriental. Por el contrario, la mayor riqueza de aves migratorias acuáticas se concentra a lo largo de las costas de la península de Baja California y de Tamaulipas. Con base en estos resultados es posible suponer que los factores que influyen en la distribución de las aves y por lo tanto generan estos patrones no son los mismos y que la distribución de las aves migratorias acuáticas y terrestres está influenciadas por factores diferentes.

La existencia de centros de riqueza de aves migratorias terrestres en regiones con muchas cuencas hidrológicas y cadenas montañosas (las Sierras Madre Occidental y Oriental) que presentan variaciones de altitud y topografía, permite pensar que la distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales está muy relacionada con la heterogeneidad ambiental, lo que implica que la distribución de las especies está relacionada con la abundancia de hábitats disponibles para ser explotados. Esto se ha reportado para otros grupos de aves y en varias regiones del mundo (Fjeldså y Rahbek 1997, Gillespie y Walter 2001, Rahbek y Graves 2000, 2001, Jetz y Rahbek 2002, García-Trejo y Navarro 2003, Lei *et al.* 2003). La heterogeneidad ambiental sería consecuencia, por ejemplo, de la presencia de cadenas montañosas o mayores intervalos altitudinales que propiciaron la partición de los espacios disponibles y la formación de muchas asociaciones vegetales diferentes, que a su vez permitieron a muchas especies utilizarlos y promovieron la especiación por el uso diferencial de recursos y ambientes (Rosenzweig 1995, Graham 1998).

En el caso de las aves migratorias acuáticas, que se concentran en la parte norte del país, es probable que su distribución esté relacionada con características puntuales de los hábitats, como la distribución de cuerpos de agua y humedales o con factores ambientales como productividad, temperatura y precipitación, y también de factores filogenéticos (Chown *et al.*

1998, Brown 1999). Es importante considerar que para muchas de las aves migratorias acuáticas incluidas en este estudio México representa el límite sur de su distribución de invierno, lo que también puede tener influencia en la forma de los patrones que se generan (Escalante *et al.* 1998).

Hay otros factores que se han relacionado con los patrones de distribución de las aves en México. Por ejemplo, H-Acevedo y Currie (2003) relacionaron los patrones de distribución de las aves en Norteamérica con factores climáticos y ambientales y encontraron que la riqueza de aves en Norteamérica está relacionada con la temperatura y la precipitación. Otros factores que pueden explicar los patrones de distribución de las aves son los de tipo histórico, como la mezcla de faunas neárticas y neotropicales y la diversificación interna que ocurre cuando en una región determinada algunas poblaciones se aíslan y originan otras especies (Escalante *et al.* 1998, García-Trejo y Navarro 2003).

Entre los elementos de la región que podrían haber tenido influencia en el modelado de los patrones de distribución de las aves (y también de otros grupos de organismos) son las cadenas montañosas, que pudieron representar una barrera para la dispersión de algunas especies y favorecer la dispersión de otras al servir como corredor hacia áreas más lejanas. Esto en particular puede relacionarse con las rutas migratorias de las aves, algunas de las cuales se mueven a lo largo de cadenas montañosas, mientras que otras aves utilizan una ruta que cruza el Golfo de México y llegan a Veracruz y la Península de Yucatán (Rappole 1995).

Las diferencias en los patrones de distribución de aves terrestres y acuáticas, así como las diferencias en la distribución entre familias, podría indicar que el origen de la migración no se originó debido a los mismos factores en todas las especies de aves migratorias neártico-neotropicales. La teoría más aceptada sobre el origen de la migración neártico-neotropical considera que las aves migratorias terrestres se originaron en el Neotrópico y que por lo tanto el proceso del origen de la migración fue del sur hacia el norte, probablemente debido al rastreo de recursos que realizaban las aves y a la explosión de recursos en el norte, lo que le permitió aumentar el éxito reproductivo a algunas especies (Rappole 1992, 1995). En el caso de las aves migratorias acuáticas, es probable que sean de origen neártico, como lo indica su distribución exclusiva en el norte del país.

Es posible que los patrones observados en las aves migratorias sean el resultado de varios factores que han actuado sobre diferentes grupos en diferentes periodos de tiempo. Un escenario posible es la combinación de factores históricos y procesos locales: las glaciaciones que dieron origen a refugios y a concentraciones de especies que se mantuvieron en condiciones de competencia alta y tuvieron que diversificarse para sobrevivir. Además, la historia geológica del refugio y la existencia de cadenas montañosas permitieron la existencia de hábitats diversos en los cuales las aves pudieron diversificarse. Cuando las condiciones climáticas cambiaron y dio inicio un periodo interglaciar, había muchas especies con potencial de recolonizar nuevas áreas, con lo cual comenzó un re-ordenamiento de la biodiversidad. La existencia de refugios puede determinarse si se estudia la contracción y expansión de la vegetación a través del tiempo (Adams y Woodward 1989, Graham *et al.* 2006)

A pesar de los abundantes estudios sobre patrones de distribución, no se tiene evidencia concluyente para ninguno de los mecanismos que se han propuesto y, de manera general, parece que no hay ningún mecanismo que por sí solo explique satisfactoriamente un patrón. Los patrones observados varían según la escala y por lo tanto es de esperar que sus causas sean diferentes; los procesos regionales influyen los procesos locales y que todos los patrones tienen variaciones y excepciones (Gaston y Williams 1996, Gaston 2000). Se ha encontrado alguna evidencia de que la riqueza regional está determinada por procesos regionales, tales como las propiedades geofísicas y la historia de la región (edad, geología, clima) y por procesos ecológicos o evolutivos a grandes escalas, como migración y emigración de especies, invasiones, especiación y extinción regional, entre otros (Gaston 2000, Whittaker *et al.* 2001); por otra parte, los patrones de riqueza de especies frecuentemente pueden relacionarse a controles y procesos ecológicos contemporáneos.

Actualmente, el estudio de la diversificación de especies con base en el registro fósil y el uso de marcadores moleculares permite asociar eventos de dispersión de especies a cambios geológicos (corrientes marinas, temperatura, etc.). La información generada por este tipo de estudios puede ser utilizada como una herramienta útil para entender las causas de los patrones de distribución actual de las especies (Outlaw *et al.* 2003, Voelker 2002).

La distribución de la biodiversidad actual (y dentro del término incluyo su distribución espacial) es resultado de múltiples eventos en diferentes momentos de la historia del planeta; para cada localidad y región podría hacerse una "columna estratigráfica", cada estrato mostrando la biodiversidad de un lugar en un momento histórico determinado. Por ejemplo, el estrato de la biodiversidad en México durante la última glaciación, o el estrato de la biodiversidad de México antes de las glaciaciones. En cada estrato y de manera local se dan procesos ecológicos que mantienen o modifican en el corto y mediano plazo la estructura y distribución de las especies.

Cada cambio en las condiciones ambientales (climáticas, geológicas, biológicas) modifica en algún modo el "estrato de biodiversidad", sin que necesariamente ocurra un recambio completo del estrato. De esta manera, la biodiversidad que observamos es resultado, no sólo del cambio inmediatamente anterior sino de los procesos y cambios que han ocurrido a lo largo de toda la columna. Además de la relación vertical entre los elementos de la biodiversidad y los factores que la afectan, existen interacciones horizontales entre estratos de diferentes columnas de biodiversidad en un momento determinado, estas relaciones también tienen influencia en la biodiversidad en ese momento y a mediano plazo.

Los patrones de rareza pueden deberse a que muchas de las aves migratorias en México tienen distribuciones marginales, es decir, que la punta norte o sur de sus distribuciones se encuentran en México. Por lo tanto las áreas de rareza de las aves migratorias neártico-neotropicales de México parecen determinadas por las especies de distribución marginal, ya sea aquellas cuyas áreas de invierno están en Estados Unidos y ocupan algunas áreas en el norte de México (como las grullas, los colimbos del género *Gavia*, los halcones del género *Buteo* y los carpinteros del género *Sphyrapicus*), o aquellas que tienen sus áreas de distribución invernal en Centro y Sudamérica, pero cuyas áreas alcanzan su límite norte en el sur de México (como algunos Milanos y algunos papamoscas del género *Empidonax*).

5.2. Relación entre los patrones de distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales con los diferentes criterios de conservación y priorización de áreas para conservación en México

A partir de los resultados de este trabajo se observa que las áreas de riqueza y rareza de las aves migratorias están mejor representadas en las Regiones Prioritarias para Conservación en sus diferentes variantes (terrestres, marinas y acuáticas), en comparación con las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en México (AICAS) y las Áreas Naturales Protegidas (cuadro 7). Lo anterior indica que los criterios de selección de éstas áreas no han sido eficaces para la protección de las aves migratorias y probablemente tampoco de las aves y otros grupos en general.

Cabe mencionar que si bien las especies de aves migratorias neártico-neotropicales tienen una mayor representación en las Regiones Prioritarias para Conservación, estas áreas no están sujetas a ningún plan de manejo o conservación, y en algunos casos son demasiado extensas para su manejo como reservas.

En México, la selección de áreas prioritarias se ha generado con base en la opinión de investigadores y servidores públicos, lo cual puede sesgar la selección de áreas hacia las áreas y grupos taxonómicos mejor conocidos. Otro factor que influye en el establecimiento de reservas es la tenencia de la tierra y factores económicos que pueden ser opuestos a las necesidades de conservación del país. Otro elemento a considerar es la falta de información sobre muchas especies y lugares, lo que limita los esfuerzos de selección de áreas prioritarias y conservación de recursos.

En general, la planificación para la selección de reservas se ha basado en la información de pocas especies, comúnmente las más carismáticas o aquellas que son consideradas especies sombrilla, bandera o clave. Sin embargo, las redes de reservas basadas en estos enfoques pueden ser inadecuadas para la conservación de otras especies no prioritarias (Gaston y Rodríguez 2003).

A escala global se han empleado diferentes esquemas para identificar aquellas áreas que podrían ser importantes para el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad. Estos esquemas han influido en grados diferentes las ideas y acciones en la ubicación y designación de nuevas áreas protegidas. La mayoría de estos esquemas globales de priorización se han enfocado a los patrones de ocurrencia de especies endémicas y en alguna categoría de riesgo (Bonn *et al.* 2002).

En los últimos años, nuevas aproximaciones para la identificación de áreas prioritarias para la conservación han ido ganando aceptación por su eficiencia al maximizar la representación de especies. Sin embargo, estas técnicas requieren la existencia de datos distribucionales precisos y su aplicación en regiones donde es urgente la planificación y las acciones de conservación se ve obstaculizada, ya que en dichas regiones es común que la información distribucional sea limitada (Gaston y Rodrigues 2003).

Es necesario establecer criterios de priorización que consideren la distribución espacial de la mayor cantidad de grupos taxonómicos presentes en el país y se busque la integración de información de diferentes grupos taxonómicos para el establecimiento de criterios de priorización y estrategias de conservación a nivel nacional. A nivel local sería necesario tener estudios estatales y a escalas menores, para ir haciendo planes de conservación y manejo cada vez más puntuales y eficientes.

La información disponible sobre la distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales de México es limitada y en muchos casos es resultado de un esfuerzo de muestreo bajo y fuentes secundarias. Por lo tanto, la selección de áreas prioritarias y el establecimiento de reservas naturales a partir de esta información puede presentar sesgos de muestreo. Gaston y Rodrigues (2003) analizaron la eficiencia de conservación de redes de reservas para aves sudafricanas utilizando datos de diferentes calidades y encontraron que, si bien las redes basadas en información muy detallada eran las más eficientes, aquellas basadas en datos de muestreos pobres y las basadas en datos de presencia-ausencia también eran eficientes para la conservación de la mayoría de las especies consideradas en el estudio.

Sin embargo, para la conservación de la diversidad biológica de un país es necesario hacer la selección de áreas a conservar teniendo como base información de la mejor calidad posible, algo que no es posible en la mayoría de los casos. En México es necesario favorecer y promover la obtención de datos de distribución y abundancia básicos para incorporarlas a las estrategias de conservación de la biodiversidad y el establecimiento de áreas naturales protegidas, así como para la ubicación de las actividades productivas y los centros urbanos.

Es necesario desarrollar métodos y procedimientos de investigación que permitan obtener información sobre ecosistemas enteros y sobre los patrones de la biodiversidad encaminados a su conservación (Grehan 1993). La selección de hot spots en este trabajo es un ejercicio para ubicar los sitios en donde es necesario reforzar la protección de hábitats basándonos en las especies de aves migratorias. En este caso el tamaño de celda no es relevante, ya que un hot spot indica la posición geográfica en donde sería necesario establecer una reserva, no la extensión que dicha reserva debiera tener.

5.3. Limitaciones de la información disponible para estos estudios

Aunque el estudio de los patrones de biodiversidad ha tomado un nuevo auge en la última década y que las herramientas para análisis a gran escala se han refinado, permitiendo un mayor número de análisis y mayor velocidad, la calidad de los datos sigue siendo un factor decisivo. Debido a que las fuentes de estos datos generalmente son colecciones científicas y en algunos casos fuentes secundarias, como guías de campo y listas de especies, son vulnerables a inexactitudes y deficiencias de las fuentes (por ejemplo, errores en la taxonomía, estimaciones pobres de distribución, abundancia y estado, mapeo grueso, y otros), por lo que cabe la posibilidad de que los resultados obtenidos lleguen a ser consecuencia de errores sistemáticos en los datos o pueden sesgarse hacia los grupos y áreas mejor conocidos

Sin embargo, dados los intervalos de variación de las variables analizadas en diferentes lugares y escalas, es probable que los patrones generales que se han documentado y las conclusiones que se han alcanzado se mantengan (aunque sí pueden tener efectos en estudios detallados). Es necesario explorar el aspecto de la calidad de las bases de datos y su influencia

en los patrones de biodiversidad y de ser necesario reexaminar algunos de estos últimos (Peterson *et. al.* 1998, Gaston y Blackburn 1999, Kryštufek y Griffiths 2002).

Si bien el desarrollo de modelos que predicen la distribución de las especies y el modelado de áreas prioritarias para conservación se han convertido en herramientas útiles para la planificación de estrategias de conservación, éstos no son sustituto del trabajo base en el campo. Es decir, la obtención de datos de distribución de especies en el campo, nunca será sustituida por los modelos que se generen.

5.4. Implicaciones para la Conservación de las aves migratorias neártico-neotropicales

En el caso de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres sería deseable establecer una red de reservas que podrían incluir las siguientes Regiones Terrestres Prioritarias para la Conservación: Cuenca del Río Jesús María, Sierra de los Huicholes, Sierra de Morones, Cerro Viejo-Sierras de Chapala, Manantlán- Volcán de Colima, Chamela-Cabo Corrientes, Sierra Vallejo-Río Ameca y Marismas Nacionales. Esta red también debiera incluir las siguientes AICAS: Monte Escobedo, El Carricito, Laguna de Chapala, Manantlán, Chamela-Cuitzmala, Reserva Ecológica Sierra de San Juan y Marismas Nacionales. Esta red conservaría el 56% de las especies migratorias terrestres

En el caso del este de México, la red de reservas debería incluir las siguientes AICAS: El Cielo, San Nicolás de los Montes, Tlanchinol y Huayacocotla; al igual que las Regiones Terrestres Prioritarias El Cielo y los Bosques de la Sierra Madre Oriental. Para conservar el área de mayor número de especies de la vertiente del Golfo (y el 53% de todas las especies migratorias terrestres) el sistema de áreas protegidas debiera abarcar las siguientes Regiones Terrestres Prioritarias: Sierra de los Tuxtlas, Humedales del Papaloapan, Selva Zoque-La Sepultura y Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe. También las siguientes AICAS: Los Tuxtlas, Humedales de Alvarado, Presa Temascal, Cerro de Oro, Cerro de Oro-Sierra Norte, Sierra Norte, Unión Zapoteco-Chinanteca y Uxpanapa (mapa 19).

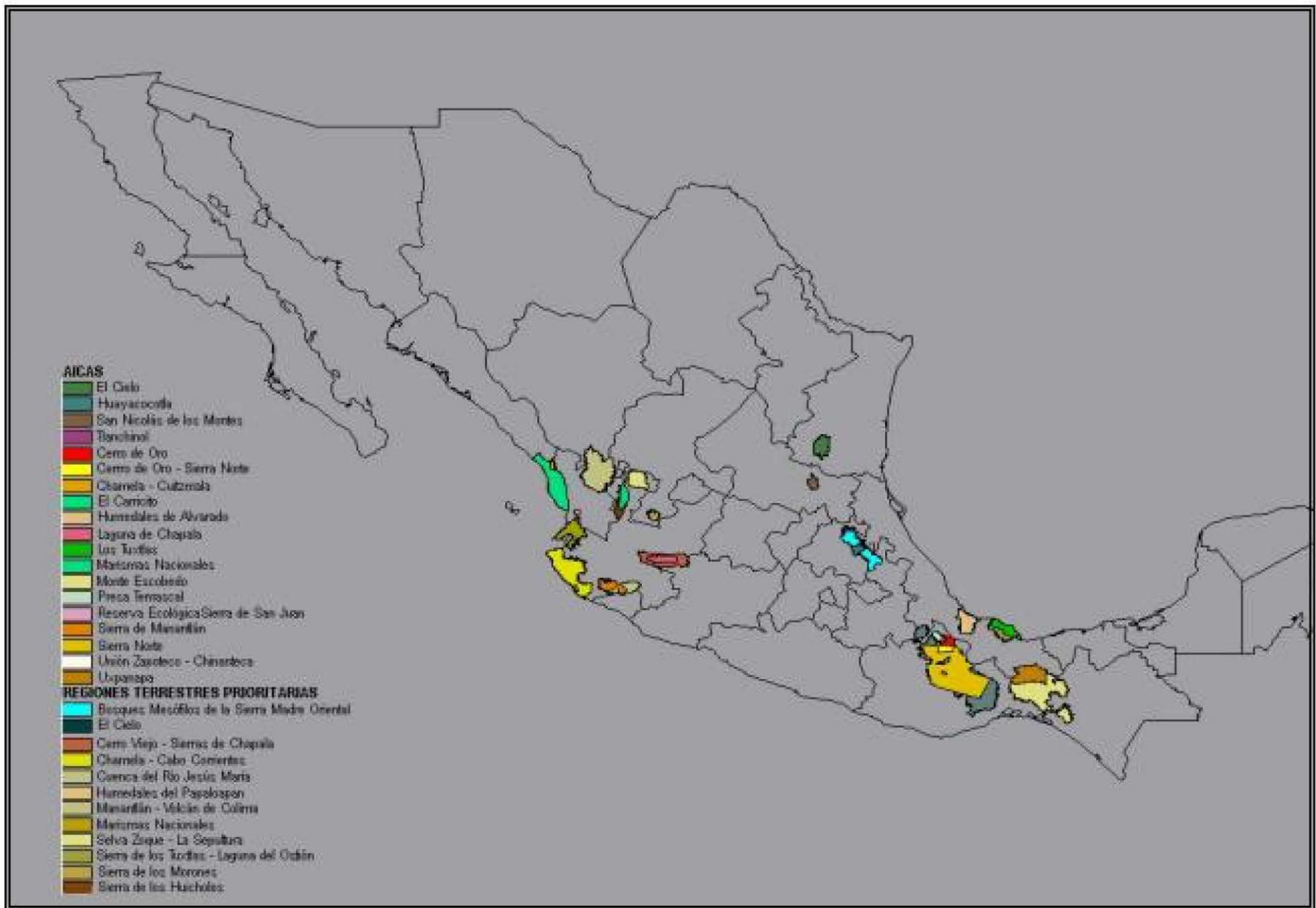
Para el caso de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas, los puntos de mayor riqueza se localizan en el Golfo de California y el norte de la costa de Tamaulipas. Una red de reservas que incluyera estos puntos incluiría las siguientes Regiones Hidrológicas Prioritarias: Delta del Río Colorado, Isla Tiburón-Río Bacoachi y la Sierra de la Libertad; también las siguientes Regiones Marinas Prioritarias: Golfo de California, Complejo Insular de Baja California y Canal del Infiernillo. Debería incluir así mismo las siguientes AICAS: Delta del Río Colorado, Sistema Juan Luis Gonzaga, Archipiélago Bahía de los Ángeles, Isla Ángel de la Guarda, Archipiélago Salsipuedes, Isla Tiburón-Canal del Infiernillo y finalmente Bahía e islas de San Jorge.

Para la parte norte de la costa de Tamaulipas, la red comprendería las siguientes Regiones Hidrológicas Prioritarias: Río Bravo Internacional, Río San Fernando, Río San Juan y Río Pesquería; también formaría parte de la red la Región Marina Prioritaria Golfo Noroeste y la AICAS Delta del Río Bravo, Laguna Madre, Desembocadura Río Soto la Marina, Parras de la Fuente, Presa Vicente Guerrero y Sierra de San Carlos (mapa 20). Algo importante es que las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas coinciden con las áreas prioritarias de conservación de aves acuáticas propuestas por Pérez-Arteaga *et al.* (2005).

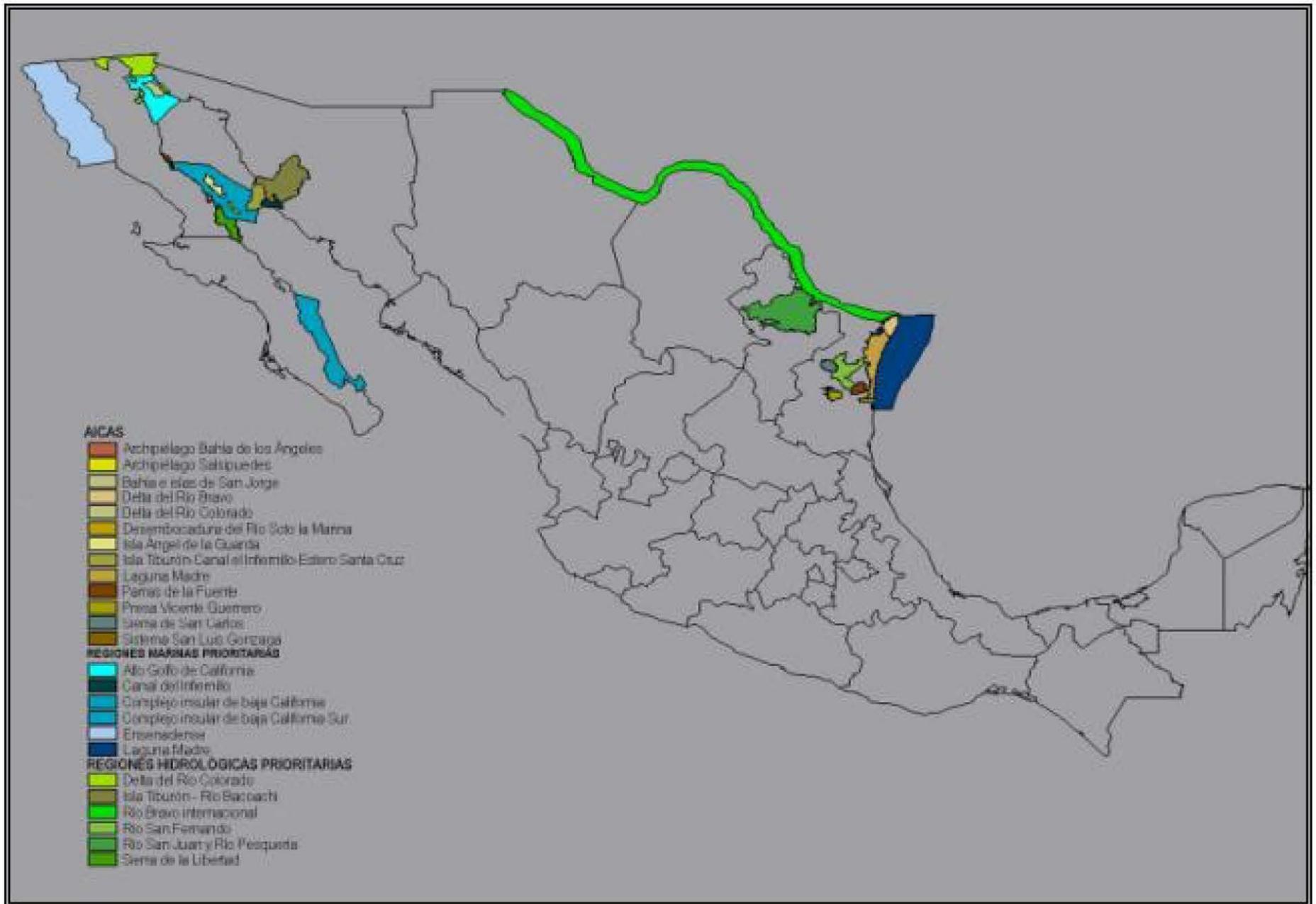
La carencia de datos distribucionales sobre la mayoría de las especies de México afecta el proceso de selección de áreas prioritarias para conservación y el establecimiento de reservas naturales. Idealmente, se debería invertir para la obtención de estos datos, pero esto casi nunca es posible debido a limitantes económicas, de personal y tiempo. Además, la acelerada tasa de transformación de los sistemas naturales hace que la selección de reservas y las acciones de conservación sea un tema prioritario.

Finalmente, debe considerarse que la información obtenida a partir de estudios de patrones de distribución debe ser usada como la base sobre la cual se delimiten estrategias generales que después se comprueben en el campo o sobre las cuales se diseñen las estrategias de estudio en ciertas áreas. También debe haber una relación entre los diferentes criterios de priorización y el diseño de reservas. De esta manera las acciones de conservación

serán más adecuadas y los recursos económicos disponibles serán utilizados de manera más eficiente. Solamente así las Áreas Naturales Protegidas de México realmente cumplirán la función de resguardar muestras significativas de la biodiversidad del país y su diseño y localización reflejarán un conocimiento elemental de los recursos biológicos del país.



Mapa 19. Red de reservas propuesta para la conservación de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres en México.



Mapa 20. Red de reservas propuesta para la conservación de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas en México.

6. CONCLUSIONES

1.- Las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres y acuáticas no son las mismas, siendo la parte central y la costa de Nayarit y Jalisco, así como la región de los Tuxtlas en Veracruz, en donde se localizan las principales áreas de riqueza de las aves terrestres. En la parte alta del Golfo de California y la costa norte de Tamaulipas se encuentran las áreas de riqueza de las aves acuáticas.

2.- El 4 % de las Áreas Naturales Protegidas incluyen parcialmente áreas de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres. En el caso de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas el porcentaje de Áreas Naturales Protegidas es de 3.2 %.

3.- En el caso de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México, el 6.1 % incluyen parcialmente áreas de riqueza de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres, mientras que para las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas el porcentaje es de 8.6 %.

4.- Las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales terrestres se encuentran representadas parcialmente en 6.5 % de las Regiones Terrestres Prioritarias. Las áreas de riqueza de las aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas se encuentran parcialmente representadas en el 5 % de las Regiones Hidrológicas Prioritarias y el 8.7 % de las Regiones Marinas Prioritarias.

6.- Las aves migratorias son un componente importante de la avifauna y de la diversidad biológica en general del país, por lo que es necesario incluir a las aves migratorias neártico-neotropicales en las estrategias de conservación nacionales.

ANEXO 1. Literatura consultada para complementar los mapas de distribución de las aves migratorias neártico-neotropicales de México.

- Behrstock R. A. y T. L. Eubanks. 1997. Ecology and taxonomy of Savannah Sparrow *Passerculus sandwichensis* in Nuevo León, Mexico. *Cotinga* 7:31-34.
- Behrstock R. A. y T. L. Eubanks. 1997. Additions to the avifauna of Nuevo León, Mexico with notes on new breeding records of infrequently seen species. *Cotinga* 7: 27-30.
- Contreras-Balderas A. J., J. A. García-Salas y J. I. González-Rojas. 1995. Additional records of owls and Wood warblers from México. *Wilson Bulletin* 107: 765
- Contreras-Balderas A. J., J. A. García-Salas y J. L. González-Rojas. 1997. Seasonal and ecological distributions of birds from Cuatrocienegas, Coahuila, México. *Southwestern Naturalist* 42: 224-228.
- Engilis A. Jr., W. O. Lewis, E. Carrera, J. W. Nelson y L. A. Martínez. 1998. Shorebird surveys in Ensenada Pabellones and Bahía Santa María, Sinaloa, Mexico: Critical winter habitat for Pacific Flyway shorebirds. *Wilson Bulletin* 110: 332-341.
- Erickson R. A. y T. E. Wurster. 1998. Confirmation of nesting in México for four bird species from the Sierra San Pedro Martir, Baja California. *Wilson Bulletin* 110: 118-120.
- Fernández G., R. Carmona y H. de la Cueva. 1998. Abundance and seasonal variation of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) in Baja California Sur, Mexico. *Southwestern Naturalist* 43: 57-61.
- González G. F. 1993. Avifauna de la Reserva de la Biosfera "Montes Azules", Selva Lacandona, Chiapas. *Acta Zoológica Mexicana* 55: 1-86.
- Gram W. K. 1998. Winter participation by Neotropical migrants and resident birds in mixed-species flocks in northeastern Mexico. *Condor* 100: 44-53.
- Greenberg R., D. K. Niven, S. Hopp y C. Boone. 1993. Frugivory and coexistence in a resident and a migratory vireo on the Yucatan Peninsula. *Condor* 95: 990-999.
- Leukering T. y J. Bradley. 1997. Some observations of birds on the Central Mexican Plateau. *Western Birds* 28: 177-180
- Macouzet T. M. y P. Escalante-Pliego. 2000. New records of birds for Cozumel island, México. *Southwestern Naturalist* 45: 79-81.
- Mellink E., E. Palacios y S. González. 1997. Non-breeding waterbirds of the delta of the Rio Colorado, México. *Journal of Field Ornithology* 68: 113-123.
- Morales P. J. E. y A. Navarro. 1991. Análisis de la distribución de las aves en la Sierra Norte del Estado de Guerrero, México. *Anales del instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología* 62: 497-510.

Ortiz-Pulido R, H. Gómez de Silva G. F. González-García y A. Álvarez A. 1995. Avifauna del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha. *Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie* 68: 87-118.

Palomera-García C., E. Santana y R. Amparán-Salido. 1994. Patrones de distribución de la avifauna en tres estados del occidente de México. *Anales del instituto de Biología, UNAM, Serie Zoológica* 65: 137-175.

Patten M. A. y C. A. Marantz. 1996. Implications of vagrant southeastern vireos and Warblers in California. *Auk* 113: 911-923.

Roberson D. y R. Carratello. 1997. Updates to the avifauna of Oaxaca, Mexico. *Cotinga* 7 : 21-22.

Tershy, B. R. y D. Breese. 1997. The birds of San Pedro Martir Island, Gula of California, México. *Western Birds* 28: 96-107.

Vidal R. M., C. Macías-Caballero y C. D. Duncan. 1994. The occurrence and ecology of the Goldeen-cheeked Warbler in the highlands of Northern Chiapas, Mexico. *Condor* 96: 684-691.

Winker K. 1995. Habitat selection in woodland Nearctic-Neotropic migrants on the Isthmus of Tehuantepec I. Autumn migration. *Wilson Bulletin* 107: 26-39.

Winker K, W. S. Arriaga, J. L. Trejo, P. Escalante. 1999. Notes on the avifauna of Tabasco. *Wilson Bulletin* 111: 229-235.

ANEXO 2. Lista de especies de aves migratorias neártico-neotropicales terrestres

Número de especie	Familia	Género	especie	Tamaño de área de distribución (no. celdas ocupadas)	Índice de rareza (1/no.celdas ocup.)
1	Hirundinidae	Pygochelidon	cyanoleuca	8	0.12500
2	Accipitridae	Ictinia	mississippiensis	8	0.12500
3	Emberizidae	Ammodramus	caudacutus	14	0.07143
4	Parulidae	Dendroica	pinus	16	0.06250
5	Troglodytidae	Troglodytes	troglodytes	25	0.04000
6	Sittidae	Sitta	canadensis	37	0.02703
7	Parulidae	Dendroica	chrysoparia	65	0.01538
8	Turdidae	Ixoreus	naevius	104	0.00962
9	Fringillidae	Carpodacus	purpureus	112	0.00893
10	Trochilidae	Selasphorus	sasin	115	0.00870
11	Picidae	Sphyrapicus	ruber	127	0.00787
12	Parulidae	Dendroica	discolor	137	0.00730
13	Parulidae	Vermivora	chrysoptera	138	0.00725
14	Picidae	Melanerpes	lewis	142	0.00704
15	Emberizidae	Passerella	iliaca	146	0.00685
16	Parulidae	Dendroica	caerulescens	155	0.00645
17	Emberizidae	Zonotrichia	atricapilla	158	0.00633
18	Parulidae	Protonotaria	citrea	165	0.00606
19	Parulidae	Dendroica	tigrina	194	0.00515
20	Parulidae	Limnothlypis	swainsonii	273	0.00366
21	Parulidae	Dendroica	palmarum	284	0.00352
22	Emberizidae	Zonotrichia	albicollis	318	0.00314
23	Parulidae	Dendroica	pensylvanica	354	0.00282
24	Accipitridae	Buteo	platypterus	495	0.00202
25	Trochilidae	Stellula	calliope	517	0.00193
26	Tyrannidae	Contopus	cooperi	550	0.00182
27	Caprimulgidae	Caprimulgus	carolinensis	556	0.00180
28	Emberizidae	Spizella	pusilla	575	0.00174
29	Parulidae	Vermivora	virginiae	576	0.00174
30	Vireonidae	Vireo	vicinior	581	0.00172
31	Parulidae	Vermivora	peregrina	677	0.00148
32	Turdidae	Catharus	ustulatus	700	0.00143
33	Tyrannidae	Empidonax	traillii	717	0.00139
34	Emberizidae	Spiza	americana	719	0.00139
35	Parulidae	Oporornis	formosus	774	0.00129
36	Accipitridae	Buteo	lagopus	793	0.00126
37	Turdidae	Hylocichla	mustelina	798	0.00125
38	Vireonidae	Vireo	philadelphicus	815	0.00123
39	Trochilidae	Selasphorus	rufus	817	0.00122
40	Tyrannidae	Empidonax	difficilis	851	0.00118
41	Parulidae	Wilsonia	citrina	861	0.00116
42	Parulidae	Vermivora	pinus	865	0.00116

43	Parulidae	Parula	americana	878	0.00114
44	Tyrannidae	Myarchus	crinitus	896	0.00112
45	Tyrannidae	Empidonax	flaviventris	931	0.00107
46	Caprimulgidae	Caprimulgus	vociferus	961	0.00104
47	Parulidae	Dendroica	dominica	969	0.00103
48	Parulidae	Helminthos	vermivorum	1021	0.00098
49	Vireonidae	Vireo	flavifrons	1032	0.00097
50	Emberizidae	Calcarius	mccownii	1067	0.00094
51	Emberizidae	Ammodramus	bairdii	1089	0.00092
52	Picidae	Sphyrapicus	thyroideus	1288	0.00078
53	Parulidae	Dendroica	occidentalis	1310	0.00076
54	Cardinalidae	Passerina	amoena	1313	0.00076
55	Fringillidae	Carduelis	tristis	1330	0.00075
56	Mimidae	Dumetella	carolinensis	1335	0.00075
57	Parulidae	Dendroica	magnolia	1359	0.00074
58	Parulidae	Dendroica	virens	1422	0.00070
59	Trochilidae	Archilochus	colubris	1510	0.00066
60	Cardinalidae	Pheucticus	ludovicianus	1561	0.00064
61	Accipitridae	Haliaeetus	leucocephalus	1621	0.00062
62	Vireonidae	Vireo	solitarius	1666	0.00060
63	Parulidae	Setophaga	ruticilla	1680	0.00060
64	Icteridae	Icterus	galbula	1701	0.00059
65	Emberizidae	Calcarius	ornatus	2020	0.00050
66	Tyrannidae	Empidonax	minimus	2021	0.00049
67	Tyrannidae	Empidonax	hammondii	2040	0.00049
68	Parulidae	Dendroica	townsendi	2061	0.00049
69	Parulidae	Seiurus	motacilla	2102	0.00048
70	Fringillidae	Carpodacus	cassini	2193	0.00046
71	Thraupidae	Piranga	ludoviciana	2291	0.00044
72	Cardinalidae	Passerina	cyanea	2364	0.00042
73	Parulidae	Oporornis	tolmiei	2368	0.00042
74	Parulidae	Dendroica	nigrescens	2370	0.00042
75	Emberizidae	Junco	hyemalis	2397	0.00042
76	Parulidae	Seiurus	aurocapilla	2514	0.00040
77	Parulidae	Seiurus	noveboracensis	2571	0.00039
78	Tyrannidae	Empidonax	oberholseri	2601	0.00038
79	Accipitridae	Buteo	regalis	2626	0.00038
80	Mimidae	Oreoscoptes	montanus	2871	0.00035
81	Parulidae	Vermivora	ruficapilla	2920	0.00034
82	Emberizidae	Spizella	breweri	2928	0.00034
83	Vireonidae	Vireo	cassini	2957	0.00034
84	Emberizidae	Melospiza	georgiana	2993	0.00033
85	Parulidae	Wilsonia	pusilla	3022	0.00033
86	Turdidae	Sialia	currucoides	3050	0.00033
87	Tyrannidae	Empidonax	wrightii	3220	0.00031
88	Emberizidae	Calamospiza	melanocorys	3295	0.00030
89	Motacillidae	Anthus	spragueii	3330	0.00030
90	Emberizidae	Spizella	pallida	3420	0.00029
91	Picidae	Sphyrapicus	nuchalis	3542	0.00028
92	Icteridae	Xanthocephalus	xanthocephalus	4127	0.00024

93	Strigidae	Asio	otus	4145	0.00024
94	Emberizidae	Zonotrichia	leucophrys	4201	0.00024
95	Parulidae	Mniotilta	varia	4267	0.00023
96	Picidae	Sphyrapicus	varius	4312	0.00023
97	Hirundinidae	Tachycineta	bicolor	4496	0.00022
98	Emberizidae	Pipilo	chlorurus	4538	0.00022
99	Icteridae	Euphagus	cyanocephalus	4775	0.00021
100	Strigidae	Asio	flammeus	4855	0.00021
101	Parulidae	Vermivora	celata	4961	0.00020
102	Regulidae	Regulus	calendula	4991	0.00020
103	Turdidae	Catharus	guttatus	4994	0.00020
104	Emberizidae	Poocetes	gramineus	4996	0.00020
105	Troglodytidae	Cistothorus	palustris	5061	0.00020
106	Troglodytidae	Troglodytes	aedon	5298	0.00019
107	Motacillidae	Anthus	rubescens	5415	0.00018
108	Emberizidae	Melospiza	lincolnii	5603	0.00018
109	Emberizidae	Ammodramus	savannarum	5631	0.00018
110	Parulidae	Dendroica	coronata	5721	0.00017
111	Accipitridae	Circus	cyaneus	5789	0.00017
112	Bombycillidae	Bombycilla	cedrorum	6254	0.00016
113	Alcedinidae	Ceryle	alcyon	6264	0.00016
114	Falconidae	Falco	columbarius	6270	0.00016

ANEXO 3. Lista de especies de aves migratorias neártico-neotropicales acuáticas

Número de especie	Familia	Género	especie	Tamaño de área de distribución (no. celdas ocupadas)	Índice de rareza (1/no.celdas ocup.)
1	Charadriidae	Pluvialis	fulva	8	0.12500
2	Anatidae	Melanitta	nigra	10	0.10000
3	Laridae	Larus	fuscus	31	0.03226
4	Scolopacidae	Phalaropus	lobatus	34	0.02941
5	Sulidae	Morus	bassanus	36	0.02778
6	Phalacrocoracidae	Phalacrocorax	pelagicus	50	0.02000
7	Laridae	Larus	canus	60	0.01667
8	Laridae	Chlidonias	niger	65	0.01538
9	Anatidae	Melanitta	fusca	87	0.01149
10	Anatidae	Aythya	marila	98	0.01020
11	Anatidae	Lophodytes	cucullatus	116	0.00862
12	Scolopacidae	Phalaropus	fulicarius	137	0.00730
13	Scolopacidae	Calidris	pusilla	150	0.00667
14	Anatidae	Anas	penelope	221	0.00452
15	Charadriidae	Charadrius	melodus	235	0.00426
16	Podicipedidae	Podiceps	auritus	245	0.00408
17	Laridae	Sterna	sandvicensis	255	0.00392
18	Laridae	Sterna	hirundo	292	0.00342
19	Gaviidae	Gavia	stellata	327	0.00306
20	Laridae	Sterna	maxima	357	0.00280
21	Laridae	Larus	glaucescens	381	0.00262
22	Anatidae	Melanitta	perspicillata	451	0.00222
23	Anatidae	Branta	bernicla	471	0.00212
24	Scolopacidae	Arenaria	melanocephala	571	0.00175
25	Anatidae	Cygnus	columbianus	591	0.00169
26	Gaviidae	Gavia	pacifica	672	0.00149
27	Anatidae	Mergus	serrator	679	0.00147
28	Gaviidae	Gavia	immer	695	0.00144
29	Laridae	Larus	californicus	832	0.00120
30	Laridae	Larus	thayeri	840	0.00119
31	Scolopacidae	Calidris	alpina	847	0.00118
32	Scolopacidae	Heteroscelus	incanus	874	0.00114
33	Anatidae	Chen	rossii	937	0.00107
34	Anatidae	Mergus	merganser	1011	0.00099
35	Scolopacidae	Aphriza	virgata	1023	0.00098
36	Charadriidae	Charadrius	semipalmatus	1139	0.00088
37	Scolopacidae	Limosa	fedoa	1190	0.00084
38	Scolopacidae	Arenaria	interpres	1202	0.00083
39	Scolopacidae	Numenius	phaeopus	1215	0.00082
40	Scolopacidae	Catoptrophorus	semipalmatus	1219	0.00082
41	Scolopacidae	Calidris	canutus	1249	0.00080
42	Anatidae	Bucephala	clangula	1269	0.00079
43	Charadriidae	Pluvialis	squatarola	1288	0.00078
44	Scolopacidae	Calidris	alba	1364	0.00073
45	Gruidae	Grus	canadensis	1380	0.00072
46	Anatidae	Anas	platyrhynchos	1389	0.00072
47	Scolopacidae	Limnodromus	griseus	1531	0.00065
48	Scolopacidae	Calidris	himantopus	1539	0.00065
49	Anatidae	Branta	canadensis	1562	0.00064
50	Laridae	Sterna	caspia	2270	0.00044
51	Anatidae	Chen	caerulescens	2431	0.00041

52	Laridae	Larus	argentatus	2515	0.00040
53	Charadriidae	Charadrius	montanus	2680	0.00037
54	Anatidae	Anser	albifrons	2686	0.00037
55	Laridae	Larus	philadelphia	2733	0.00037
56	Scolopacidae	Tringa	solitaria	3040	0.00033
57	Laridae	Sterna	forsteri	3544	0.00028
58	Anatidae	Aix	sponsa	3706	0.00027
59	Pelecanidae	Pelecanus	erythrorhynchus	3840	0.00026
60	Scolopacidae	Calidris	mauri	3872	0.00026
61	Anatidae	Bucephala	albeola	4580	0.00022
62	Scolopacidae	Tringa	flavipes	4763	0.00021
63	Anatidae	Aythya	valisineria	4953	0.00020
64	Scolopacidae	Numenius	americanus	4978	0.00020
65	Anatidae	Aythya	collaris	5268	0.00019
66	Anatidae	Anas	strepera	5575	0.00018
67	Scolopacidae	Limnodromus	scolopaceus	5629	0.00018
68	Laridae	Larus	delawarensis	5652	0.00018
69	Anatidae	Anas	clypeata	5653	0.00018
70	Anatidae	Anas	crecca	5667	0.00018
71	Anatidae	Anas	americana	5676	0.00018
72	Scolopacidae	Calidris	minutilla	5800	0.00017
73	Scolopacidae	Tringa	melanoleuca	5809	0.00017
74	Rallidae	Porzana	carolina	6154	0.00016
75	Anatidae	Aythya	affinis	6196	0.00016
76	Scolopacidae	Gallinago	gallinago	6200	0.00016
77	Anatidae	Anas	acuta	6202	0.00016
78	Anatidae	Anas	discors	6203	0.00016
79	Scolopacidae	Actitis	macularia	6203	0.00016

7. REFERENCIAS

Adams J. M. y F. I. Woodward. 1989. Patterns in tree species richness as a test of the glacial extinction hypothesis. *Nature* 339:699-701.

Alvarez M.E. 2001. Propuesta de Áreas para Conservación de Aves terrestres en México aplicando herramientas panbiogeográficas. Tesis de Maestría (Sistemática). Facultad de Ciencias UNAM, México. 78pp.

American Ornithologist's Union. 1998. Check-list of North American Birds. Seventh edition. American Ornithologist Union, Washington D.C. 850 pp.

Arita H. T. y F. Figueroa. 1999. Geographic patterns of body-mass diversity in Mexican mammals. *Oikos* 85:310-319

Arizmendi M. C. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. 440pp.

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México

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.

Ayala R., T. Griswold y S Bullock. 1998. Las abejas nativas de México. Pags: 179-226 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Benítez H. y E. Loa. 1996. Las regiones prioritarias para la conservación en México. Biodiversitas 2(9): 7- 10.

Bibby C. J., N. J. Collar, M. J. Crosby, M. F. Heath, Ch. Imboden, T. H. Johnson, H. J. Long, A. J. Stattersfield y S. J. Thirgood. 1992. Putting Biodiversity on the Map. Priority areas for global conservation. ICBP. UK. 90 pp

Blackburn T. M. y K. J. Gaston. 1994. The distribution of body sizes of the world's bird species. *Oikos* 70:127-130.

Blackburn T. M. y K. J. Gaston. 1996a. Spatial patterns in the species richness of birds in the New World. *Ecography* 19:369-376.

Balckburn T. M. Y K. J. Gaston. 1996b. The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos* 77:146-152.

Bonn A., A. S. L. Rodríguez y K. J. Gaston. 2002. Threatened and endemic species: are they good indicators of patterns of biodiversity on a national scale? *Ecology Letters* 5:733-741.

Brown, J. H. 1995. *Macroecology*. The University of Chicago Press. Chicago IL. USA. 269p.

Brown, J. H, 1999. *Macroecology: progress and prospect*. *Oikos* 87: 3-14.

Ceballos G., P. Rodríguez y R. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse México: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8: 8-17.

Chown, S.L., K.J. Gaston y P.H. Williams. 1998. Global patterns in species richness of pelagic seabirds: the Procellariiformes. *Ecography* 21:342-350.

Collar N. J. y Rudyanto. 2003. The Archive and the ark : bird specimen data in conservation status assessment. *Bulletin of the British Ornithological Club* 123A: 95-113.

Currie D. J. y V. Paquin. 1987. Large-scale biogeographical patterns of species richness of trees. *Nature* 329:326-327.

DeGraaf, R. M. y J. H. Rappole. 1995. *Neotropical Migratory Birds. Natural history, distribution and population change.* Cornell University Press, USA. 341p.

Dobson A. P., J. P. Rodríguez, W.M. Roberts y D. S. Wilcove. 1997. Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science* 275: 550-555.

Ehrlich P. L. 1988. The loss of diversity. Pags. 21- 27 En: *Biodiversity.* E. O. Wilson (Ed.). Nacional Academy Press Washington, USA.

Escalante-Espinosa T. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 74:211-237.

Escalante T., D. Espinosa y J. J. Morrone. 2003. Using parsimony analysis of endemism to analyze the distribution of Mexican land mammals. *The Southwestern naturalist* 48: 563-578.

Escalante P., A. Navarro y A. T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves en México. Pags 279-304 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Fa J.E. y L.M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos mexicanos. Pags. 315-352 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Fagan W. F. y P. M. Kareiva. 1997. Using compiled species list to make biodiversity comparisons among regions: a test case using Oregon butterflies. *Biological Conservation* 80:249-259.

Fisher A. G. 1960. Latitudinal variations in organic diversity. *Evolution* 14: 64-81.

Fjeldsa J. y C. Rahbek. 1997. Species richness and endemism in South American birds: implications for the design of networks of nature reserves. Pags 466-482 En: *Tropical Forest Remnants*. Lawrence W. F. y R. O. Bierregard Jr. (eds). Chicago University Press, USA.

Flores V.O. 1998. Herpetofauna de México, distribución y endemismo. Pags. 251-278 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Galindo-Leal C. 1998. Diseño de reservas: el "mal congénito" de Calakmul. *Biodiversitas* 4 (17): 9-15.

García-Trejo E. y A. G. Navarro. 2004. Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20:167-185.

Gaston K. J. 1996. Species richness measure and measurement. Pags 77-113 En: Biodiversity: a biology of numbers and difference. Gaston K. (Ed.). Blackwell Science, Inglaterra.

Gaston K.J. 2000. Global Patterns in Biodiversity. Nature 405: 220-227.

Gaston K. J. y T. M. Blackburn. 1999. A critique for macroecology. Oikos 84:353-368.

Gaston K. J. y A. Rodríguez. 2003. Reserve Selection in Regions with Poor Biological Data. Conservation Biology 17: 188-195.

Gaston K. J. y P. Williams. 1996. Spatial patterns in taxonomic diversity. Pags 203-252 En: Biodiversity: a biology of numbers and difference. Gaston K. (Ed.). Blackwell Science, Inglaterra.

Gentry A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. Annals of the Missouri Botanical Garden 75: 1-34

Gillespie T. W. y H. Walter. 2001. Distribution of birds species richness at a regional scale in tropical dry forest of Central America. Journal of Biogeography 28: 651-662.

Gómez-Hinostrosa C. y H. M. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in Mier y Noriega region, Mexico. Biodiversity and Conservation 9: 403-418.

Gómez de Silva G.H. 1996. The conservation importance of semiendemic species. Conservation Biology 10: 674-675.

González S. E. 2004. Escorpiofauna del Estado de México. Tesis de Maestría (Maestría en Ciencias Biológicas), Instituto de Biología, UNAM. México.

González-Espinosa M., J. M. Rey-Benayas, N. Ramírez-Marcial, M. A. Huston y D. Golicher. 2004. Tree diversity in the northern Neotropics: regional patterns in highly diverse Chiapas, México. *Ecography* 27: 741-756.

Graham A. 1998. Factores históricos de la diversidad biológica de México. Pags. 109-127 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Graham C. H., C. Moritz y S. E. Williams. 2006. Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 632-636.

Grehan J. R. 1993. Conservation biogeography and the biodiversity crisis: a global problem in space/time. *Biodiversity Letters* 1:134-140.

H-Acevedo D. y D. J. Currie. 2003. Does climate broad-scale patterns of species richness? A test of the causal link by natural experiment. *Global Ecology and Biogeography* 12: 461-473.

Halfter G. 1994. Conservación de la Biodiversidad y áreas protegidas en los países tropicales. *Ciencias* 36: 4-13.

Halfter G. 1995. Reservas de la Biosfera y conservación de la biodiversidad en el siglo XXI. *Ciencias* 39: 9- 13.

Hernández H. M. y R. T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. I. Distribution patterns. *Conservation Biology* 9: 1176-1188

Howard, P.C., P. Viskanic, T. R. B. Davenport, F. W. Kigenyi, M. Baltzer, C. J. Dickinson, J. S. Lwanga, R. A. Matthews y A. Balmford. 1998. Complementarity and the use of indicator groups for reserve selection in Uganda. *Nature* 394:472-475.

Howell S. N. G. and S. Webb. 1995. A guide to the Birds of Mexico and Central America. Oxford University Press, USA. 851p.

Hutchinson G. E. y MacArthur R. H. 1959. A theoretical ecological model of sizes distributions among species of animals. *American Naturalist* 93: 117-125

Jetz W. y C Rahbek. 2002. Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science* 297: 1548-1551.

Kryštufek B. y H. I. Griffiths. 2002. Species richness and rarity in European rodents. *Ecography* 25: 120-128.

Lei F., Y. Qu, J Lu, Y. Liu y Z Hua. 2003. Conservation on diversity and distribution patterns of endemic birds in China. *Biodiversity and Conservation* 12: 239-254.

Lindsey C. C. 1966. Body sizes of poikilotherm vertebrates at different latitudes. *Evolution* 20: 456-465.

Liu J., M. Linderman, Z. Ouyang, L. An, J. Yang, H. Zhang. 2001. Ecological Degradation in Protected Areas: The Case of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas. *Science* 292: 98-101.

Maderey-R, L. y Torres-Ruata, C. (1990). "Cuencas hidrológicas" en *Hidrogeografía e Hidrometría*. IV.6.1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Manne L. L., T. M. Brooks y S. L. Primm. 1999. Relative risk of extinction of passerine birds on continents and islands. *Nature* 399:258-261.

McNeely J. A., K. R. Miller, W. V. Reid, R. A. Mittermeier y T. B. Werner. 1990. Biological Diversity: What is and why it is important. Capítulo 1. Conserving the world's biological diversity. IUCN, Gland Switzerland, WRI, CI, WWF-US, World Bank. Washington USA. Pags 17-22.

Mas J. F. y Pérez-Vega A. 2005. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Gaceta Ecológica 74: 5-14.

Myers N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Nixon K. C. 1998. El género *Quercus* en México. Pags 435-447 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Novacek M. J. 1992. The meaning of Systematics and the Biodiversity Crisis. Pags 101-108 En: Nilés E. (editor). Systematics, ecology and the biodiversity crisis. Columbia University Press, Nueva York.

Oberdorff T., J. F. Guegán y B. Hugueny. 1995. Global scale patterns of fish species richness in rivers. Ecography 18: 345-352.

Ortega-Huerta M. A. y A. T. Peterson. 2003. Geographic scale effects on ecological distributions of Mexican birds. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 74: 203-210.

Outlaw D. C., G. Voelker, B. Mila y D. J. Girman. 2003. Evolution of long distance migration and historical biogeography of *Catharus* thrushes: molecular phylogenetic approach. Auk 120(2): 299 - 310.

Palomera-García C., C. E. Santana y R. Amparán-Salido. 1994. Patrones de distribución de la avifauna en tres estados del occidente de México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología* 65: 137-175.

Pérez- Arteaga A., S. F. Jackson, E. Carrera y K. J. Gaston. 2005. Priority sites for wildfowl conservation in Mexico. *Animal Conservation* 8:1-10.

Peterson A. T., O. A. Flores-Villela, L. S. León-Paniagua, J. E. Llorente-Bousquets, M. A. Luis-Martinez, A. G. Navarro-Singüenza, M. G. Torres-Chávez y I. Vargas-Fernández. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. *Biodiversity Letters* 1:33-38.

Peterson A. T., A. G. Navarro-Singüenza y H. Benítez-Díaz. 1998. The need for continued scientific collecting: a geographic analysis of Mexican bird specimens. *Ibis* 140: 288-294.

Peterson A. T., S. L. Egbert, V. Sánchez-Cordero y K. P. Price. 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 93:85-94.

Peterson A. T. C. Cicero y J. Wieczorek. 2005. Free and open access to Bird Specimen Data: Why? *Auk* 122: 987-990.

Predegast J.R., R. M. Quinn, J. H. Lawton, B. C. Eversham y D. W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335-337.

Purvis A. y A. Hector. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.

Rabinowitz, D., S. Cairns y T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. En: *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. M.E. Soulé (ed.). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Rahbek C. y G. R. Graves. 2000. Detection of macro-ecological patterns in South American hummingbirds is affected by spatial scale. *Proceedings of the Royal Society of London. Serie B.* 267:2259-2265.

Rahbek C. y G. R. Graves. 2001. Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98:4534-4539.

Rappole J.H. 1995. *The Ecology of Migrant Birds. A Neotropical perspective.* Smithsonian Institution Press, USA. 268p.

Rappole J. H. y A. R. Tipton. 1992. The evolution of avian migration in the Neotropics. *Ornitologia Neotropical* 3: 45-55.

Remsen J.V. Jr. 2001. True winter range of the Veery (*Catharus fuscescens*): Lessons for determining winter ranges of species that winter in the tropics. *Auk* 118:838-848.

Ricketts T. H., E. Dinerstein, T. Boucher, T. M. Brooks, S. H. M. Butchart, M. Hoffmann, J. Lamoreux, J. Morrison, M. Parr, J.D. Pilgrim, A. S. L. Rodrigues, W. Sechrest, G. E. Wallace, K. Berlin, J. Bielby, N. D. Burgess, D. R. Church, N. Cox, D. Knox, C. Loucks, G.W. Luck, L. L. Master, R. Moore, R. Naidoo, R. Ridgely, G. E. Schatz, G. Shire, H. Strand, W. Wettengel y E. Wikramanayake. 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:18497-18501.

Robbins C.S., J.R. Sauer, R. Greenberg and S. Droege. 1989. Population declines in North American Birds that migrate to the Neotropics. *Proceedings of the National Academy of Science:* 86:7658-7662.

Rhode K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos* 65: 514-527.

Rodrigues A. S. L. y K. J. Gaston. 2001. How large do reserve networks need to be?. *Ecology Letters* 4: 602-609.

Rodrigues A.S. L., K. J. Gaston y R. D. Gregory. 2000. Using presence-absence data to establish reserve selection procedures that are robust to temporal species turnover. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 267: 897-902.

Rojas-Soto O. R. , O. Alcántara-Ayala y A. G. Navarro. 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemism and distributional modeling approach. *Journal of Biogeography* 30: 449-461

Rosenzweig M. L. 1992. Species diversity gradients: we know more and less than we thought. *Journal of Mammalogy* 73: 715-730.

Rosenzweig M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Inlgaterra. 436p.

Sánchez-Cordero V. 2001. Elevational gradients for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63-76.

Shafer C. L. 1990. *Nature reserves. Island theory and conservation practice*. Smithsonian Institution Press, USA. 189p.

Smith A. L., O. J. Salgado y R. J. Robertson. 2001. Distribution patterns of migrant and resident birds in successional forests of the Yucatán peninsula, Mexico. *Biotropica* 33: 153-170.

Stattersfield A. J., M. J. Crosby, A. J. Long y D. C. Wege. 1998. *Endemic Bird Areas of the World. Priorities for biodiversity Conservation*. Birdlife Conservation Series No. 7.

Stevens G. C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist* 140: 893-911.

Styles B. T. 1998. El género *Pinus*: su panorama en México. Pags 385-408 En: Biodiversidad biológica de México. Orígenes y distribución. T.P. Rammamoorthy, R. Bye A. Lot y J. Fa (comps). Instituto de Biología UNAM.

Van Jaarsveld, A.S., S. Freitag, S. L. Chown, C. Muller, S. Koch, H. Hull, C. Bellamy, M. Krüger, S. Endrödy-Younga, M. W. Mansell y C. H. Scholtz. 1998. Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science* 279: 2106-2108

Vane-Wright R. J. 1996. Identifying priorities for the conservation of biodiversity: systematic biological criteria within a sociopolitical framework. Pags 309-344 En: Gaston K. J. (ed). *Biodiversity: a biology of numbers and difference*. Oxford, Blackwell.

Vane-Wright R.I. C.J. Humphries y P.H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55:235-254.

Voelker G. 2002. Systematics and historical biogeography of Wagtails: dispersal versus vicariance revisited. *Condor* 104(4): 725-739

Whittaker R. J., K. J. Willis y R. Field. 2001. Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.

Williams P.H. 1999a. Key sites for conservation: area-selection methods for biodiversity. Pags. 211-249 En: *Conservation in a changing world: integrating processes into priorities for action*. G.M. Mace, A. Balmford and J.R. Ginsberg (eds). Cambridge University Press, Cambridge

Williams P.H. 1999b. *WORLDMAP iv WINDOWS: Software and help document 4.1*. Privately distributed, London.

Williams P.H. y K.J. Gaston. 1994. Measuring more of the biodiversity: can higher taxon richness predict the wholesale species richness? *Biological Conservation* 67: 211-217.

Williams P.H., K.J. Gaston and C. J. Humphries. 1997. Mapping biodiversity values worldwide: combining higher-taxon richness from different groups. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 264:141-148.

Williams P.H., C.H. Humphries y K. J. Gaston. 1994. Centers of seed-plant diversity the family way. *Proceedings of the Royal Society of London B* 256:67-70.

Williams P.H., H.M. de Klark y T.M. Crowe. 1999. Interpreting biogeographical boundaries among Afrotropical birds: spatial patterns in richness gradients and species replacement. *Journal of Biogeography* 26: 459-474.

Williams P. H., D. Gibbons, C. Margules, A. Rebelo, C. Humphries y R. Pressey. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots, and complementary areas for conserving biodiversity of British Birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.

Wilson E. O. 1988. The current state of biological diversity. Pags. 3-18 En: *Biodiversity*. E. O. Wilson (Ed.). Washington D.C. National Academy Press. USA.