



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE CIENCIAS

AVIFAUNA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO  
MAGDALENA, DISTRITO FEDERAL, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

**CLAUDIA IVETTE DELGADO RAMÍREZ**



DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FERNANDO PUEBLA-OLIVARES

**2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

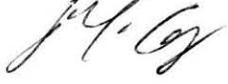
Votos Aprobatorios

**DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ**  
**Director General**  
**Dirección General de Administración Escolar**  
**Presente**

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Avifauna de la cuenca alta del Río Magdalena, Distrito Federal, México**

realizado por **Delgado Ramírez Claudia Ivette** con número de cuenta **0-9625167-4** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

- Propietario      Dr. Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza 
- Propietario      Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga 
- Propietario      Dr. Fernando Puebla Olivares   
Tutor
- Suplente          Dra. Elsa Margarita Figueroa Esquivel 
- Suplente          M. en C. Ian MacGregor Fors 

**Atentamente,**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
**Ciudad Universitaria, D. F., a 19 de noviembre de 2010**  
**EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**

**Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.**  
**MAG/CZS/cigs**

*Halágame y es posible que no te crea.*

*Criticame y es posible que no me gustes.*

*Ignórame y es posible que no pueda perdonarte.*

*Aliéntame y nunca te olvidaré.*

*William Arthur Ward*

Esta tesis está dedicada con mucho cariño:

A mis amados padres:

Gerardo Delgado Servín

María de Lourdes Ramírez Mireles

A mis queridos hermanos:

Gerardo, Rubén y Liz

A mis mejores amigos:

Rocío, Emmanuel, Mariana, Elena y Homero

## **Agradecimientos**

A Dios y a la vida por permitirme realizar uno de mis más grandes sueños, terminar mi carrera profesional.

A mis padres, por darme la vida, por todo su cariño y por darme la oportunidad de estudiar. A mi Papá, por ser un hombre incansable, trabajador, responsable, por ser un excelente padre y por su amor incondicional. Además, a él le debo el gusto por la naturaleza, ya que cuando niña, nos llevó a muchos paseos de campo familiares, precisamente a los Dinamos y el Ajusco.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por darme la oportunidad de realizar mi carrera profesional, de aprender de los mejores maestros y de brindarme las mejores instalaciones para desarrollarme y crecer como persona.

Agradezco especialmente a mi tutor Fernando Puebla Olivares, por permitirme formar parte del Macroproyecto “Manejo de ecosistemas y desarrollo humano en la Cuenca del Río Magdalena, D.F.”, así como por brindarme su tiempo, apoyo, paciencia y asesoría para realizar este trabajo.

Con mucho cariño a todos mis sinodales: Dr. Gerardo Navarro Sigüenza, Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga, Dra. Elsa Margarita Figueroa Esquivel, Dr. Ian MacGregor Fors. Por aceptar ser parte de mi jurado, dedicar parte de su tiempo para revisar mi tesis y por sus valiosas sugerencias para mejorarla.

Al Macroproyecto “Manejo de ecosistemas y desarrollo humano en la Cuenca del Río Magdalena, D.F.”, por la beca otorgada para la realización de esta tesis.

Al Dr. Fernando A. Cervantes Reza por brindarme su amistad y palabras de aliento.

A todos los compañeros de la carrera y del Museo de Zoología, por todos los buenos momentos y por acompañarme cada fin de semana a realizar el trabajo de campo, entre ellos: Ana Caren, Luis, Itzel, Mariana, Emmanuel, Yajaira, Felipe, Homero, José R., Marco, Daniela, Gala, Edith, Mario (y sus amigos), Irais, Ociel, Ricardo y Cinthya, así como a Rubén Ortega por su apoyo para realizar los análisis de mi tesis.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>11</b>
Localización.....	11
Aspectos físicos.....	12
Hidrología .....	13
Clima .....	14
Vegetación.....	14
<b>5. MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
Muestreo de aves.....	17
Análisis de datos.....	20
Riqueza específica y composición taxonómica .....	20
Representatividad de los muestreos .....	21
Diversidad (riqueza y abundancia).....	22
Estructura .....	23
Similitud taxonómica .....	24
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
Riqueza específica y composición taxonómica .....	25
Representatividad de los muestreos.....	29
Diversidad (riqueza y abundancia) .....	30
Estructura .....	32
Similitud taxonómica.....	34
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
Riqueza específica y composición taxonómica .....	35
Representatividad de los muestreos.....	38
Diversidad (riqueza y abundancia) .....	38
Estructura .....	42
Similitud taxonómica.....	43
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>9. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>46</b>
<b>10. APÉNDICES.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías en las que se ubican las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal (PGOEDF 2000-2003). .....	3
Cuadro 2. Composición avifaunística de la Cuenca del Río Magdalena. ....	25
Cuadro 3. Composición avifaunística por hábitat. ....	26
Cuadro 4. Números de especies de aves con algún estatus de endemismo, conservación, estacionalidad e importancia económica por hábitat en la Cuenca del Río Magdalena (CRM). ....	28
Cuadro 5. Porcentaje de similitud entre las diferentes comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena. ....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Magdalena. ....	11
Figura 2. Localización de los sitios de muestreo. Los números indican las localidades que se describen en el Apéndice 1. ....	19
Figura 3. Proporción de especies de aves registradas en la zona de estudio por estacionalidad. ....	26
Figura 4. Curvas de acumulación de la riqueza estimada por diferentes estimadores en la Cuenca del Río Magdalena. ....	29
Figura 5. Variación de la riqueza y abundancia de aves dentro de las distintas comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena. ....	31
Figura 6. Curvas de rango de especies / abundancia que muestran la distribución de las abundancias relativas de las especies de aves registradas en las tres comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena. ....	33
Figura 7. Dendrograma de similitud taxonómica construido con base en el coeficiente de Jaccard. ....	34

## RESUMEN

Se determinó la riqueza y composición taxonómica de las aves presentes en la Cuenca del Río Magdalena, y se evaluó la diversidad (riqueza y abundancia), estructura (equitatividad / dominancia) y similitud taxonómica de las comunidades de aves a lo largo de un gradiente altitudinal correspondiente a las tres comunidades vegetales de la cuenca: bosque mixto, bosque de oyamel y bosque de pino.

Para la zona de estudio se registró un total de 99 especies pertenecientes a 10 órdenes, 33 familias y 76 géneros. Las familias mejor representadas en especies fueron: Parulidae, Emberizidae, Turdidae y Trochilidae. De las 99 especies de aves que integran el listado, 79 son residentes, 18 migratorias, una transitoria (*Contopus cooperi*) y una accidental (*Dendroica tigrina*). Del total de las especies de aves registradas, se encontró que ocho son endémicas, tres cuasiendémicas y cinco semiendémicas, representando en conjunto el 12.8% de las especies endémicas de México.

En general, se estableció que la riqueza y equitatividad de aves disminuye linealmente con la altitud. Esta disminución parece estar asociada a la disminución de la complejidad estructural de la vegetación, la disminución de la alteración del hábitat y la disminución de la variedad de recursos para las aves a lo largo del gradiente altitudinal. La abundancia entre las comunidades de aves no fue significativamente diferente, sin embargo, la estructura de la vegetación y el grado de alteración del hábitat pudieron ser los factores que influyeron en cambios sutiles en la abundancia de aves. La proximidad geográfica entre ambientes y la estructura y composición de la vegetación, fueron los factores que determinaron los valores máximos de similitud de aves entre hábitats.

La zona de estudio constituye una importante región para el mantenimiento de la riqueza avifaunística al sur del Distrito Federal, por lo que se considera importante continuar con el monitoreo de las especies con el fin de documentar cambios en la dinámica y distribución de las aves en esta región, así como desarrollar actividades de educación ambiental, las cuales permitirían a la gente adquirir las habilidades prácticas y comportamientos necesarios para proteger y mejorar el ambiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen 1.8 millones de especies descritas en el mundo; sin embargo, se estima que podrían existir hasta más de 10 millones, lo que indica que actualmente se desconocen el 80% de las especies (Sarukhán *et al.* 2009). La mayor parte de la riqueza biológica conocida se concentra en un grupo de países denominados megadiversos y México ocupa el cuarto lugar dentro de este grupo de países, ya que se estima que de 10 a 12% de la diversidad biológica del planeta está contenida en el territorio nacional que incluye casi dos millones de km<sup>2</sup> (Sarukhán *et al.* 2009). Esta riqueza biológica es resultado de la posición geográfica del país, en la que confluyen elementos de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, lo cual combinado con una compleja historia geológica y heterogeneidad topográfica y climática favorecieron el desarrollo de prácticamente todos los ecosistemas terrestres presentes en el mundo (Ceballos *et al.* 2000, Navarro-Sigüenza y Sánchez-González 2003, Sarukhán *et al.* 2009).

En México uno de los grupos de vertebrados que sobresalen por su elevada diversidad biológica es el de las aves, ya que de las 9721 especies conocidas en el mundo (Dickinson 2003) aproximadamente 1100 ocurren en el país dependiendo de la taxonomía a seguir (AOU 1998, Navarro-Sigüenza y Gordillo 2006, Chesser *et al.* 2010), y de éstas, poco más del 11% son exclusivas de nuestra nación (Escalante *et al.* 1998, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008), por lo cual la avifauna de México ocupa el doceavo lugar a nivel mundial (Navarro-Sigüenza y Gordillo 2006), representándose en 26 órdenes, 91 familias y 479 géneros (AOU 1998, Chesser *et al.* 2010) aunque estos datos pueden cambiar según diferentes taxonomías.

Lamentablemente, en los últimos siglos la modificación antrópica del hábitat es la principal causa de la extinción de especies (Baena *et al.* 2008, Sarukhán *et al.* 2009) y en México, se han perdido 19 especies de aves de las cuales 11 eran endémicas. La caza intensiva, la destrucción del hábitat, la introducción de fauna exótica y la contaminación son las principales causas de su extinción (Navarro-Sigüenza y Sánchez-González 2003, Baena *et al.* 2008), mismas que de no controlarse seguirán poniendo en riesgo a más del 30% de la avifauna mexicana (SEMARNAT 2010).

El Distrito Federal se localiza en la porción central del país dentro de la Cuenca de México, la cual forma parte, a su vez, de la provincia biótica de la Faja Volcánica Transmexicana que constituye el límite austral del Altiplano Mexicano (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001, Morrone 2005). Además, la posición geográfica del Distrito Federal lo ubica en una zona en la que ocurre una transición o mezcla natural entre grupos biológicos con relación tanto Neártica como Neotropical y en una zona de conexión entre las biotas de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur, la Sierra de Oaxaca y las Serranías Transísmicas (Romero y Velázquez 1999, Morrone 2005, Espinosa y Ocegueda 2007, Espinosa *et al.* 2008). La coexistencia de especies de diferente origen (Sánchez-González *et al.* 2006) contribuye a que esta provincia sea reconocida como un centro de diversificación, endemismos y transición biogeográfica para diferentes taxones (Navarro-Sigüenza *et al.* 2007), y el segundo centro de diversidad florística más importante (Espinosa *et al.* 2008).

Faunísticamente la Faja Volcánica Transmexicana concentra la cuarta parte de la herpetofauna mexicana, constituida por 106 especies de anfibios y 143 especies de reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2007), presenta 152 especies de mamíferos (Escalante *et al.* 2007) y 705 especies aves (Navarro-Sigüenza *et al.* 2007). Concretamente, para el Distrito Federal Wilson y Ceballos-Lascurain (1993) reportaron la presencia de 328 especies de aves.

De acuerdo a los atributos ambientales, biológicos, económicos, socioculturales y políticos y conforme al marco legal de la ordenación del territorio, el suelo del Distrito Federal se clasifica de forma primaria en suelo urbano y de conservación (LDUDF 1996, PGDUDF 2003). El suelo de conservación ocupa una extensión de 88,442 hectáreas (59% del D.F.), distribuidas en las delegaciones Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco (PGOEDF 2000-2003, PGDUDF 2003). Geográficamente el Área de Conservación se ubica hacia el sur, en la Sierra Chichinautzin y la Sierra del Ajusco, hacia el sureste en la zona lacustre de Xochimilco y Tláhuac, hacia el suroeste en la Sierra de las Cruces, hacia el oriente en la Sierra de Santa Catarina y hacia el norte en La Sierra de Guadalupe (PGOEDF 2000-2003). Asimismo, el 9.3% del suelo de conservación del Distrito Federal corresponde a Áreas Naturales Protegidas divididas en cuatro categorías indicadas en el Cuadro 1. De esta manera el suelo de conservación del Distrito Federal así como las Áreas Naturales Protegidas contenidas en él, son de extrema importancia

por los servicios ecosistémicos que ofrecen, así como para la conservación de la riqueza biológica de México, en general, de la Faja Volcánica Transmexicana y en particular para el Distrito Federal (PGOEDF 2000-2003).

**Cuadro 1. Categorías en las que se ubican las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal (PGOEDF 2000-2003).**

<b>Categorías</b>	<b>Área Natural Protegida</b>
1. Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Parque Ecológico de la Ciudad de México Sierra de Santa Catarina Sierra de Guadalupe Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco Parte central del Cerro de la Estrella
2. Parque Nacional	El Tepeyac Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla Desierto de los Leones, Cumbres del Ajusco Cerro de la Estrella
3. Corredor Biológico	Una pequeña sección del Corredor Biológico Chichinautzin
4. Zona de Protección Forestal	Bosques de la Cañada de Contreras

Al suroeste del Distrito Federal, en la Sierra de las Cruces y sobre suelo de conservación, se ubica la zona de estudio conocida como Cuenca del Río Magdalena (CRM), que a su vez contiene un Área Natural Protegida denominada “Zona Protectora Forestal Los Bosques de la Cañada de Contreras” mejor conocida como “Los Dinamos” (PGOEDF 2000-2003, Fernández *et al.* 2002). Esta cuenca constituye una región boscosa de gran importancia por ser la principal fuente de recarga de los mantos acuíferos que satisfacen buena parte de la demanda de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Mazari-Hiriart *et al.* 2000); además, provee de alimento, productos medicinales, madera, fibras y productos no maderables (Almeida-Leñero *et al.* 2007, PMMIASCRMDf 2008); permite la regulación del clima, retiene suelos, almacena nutrientes, impide la erosión eólica e hídrica, evita la generación de partículas suspendidas y favorece la purificación del aire a través de la captura y almacenamiento del carbono atmosférico (Garza 2000, PMMIASCRMDf 2008).

Es importante mencionar que la topografía escarpada de la Cuenca del Río Magdalena permite que sea un refugio importante de riqueza biológica a nivel regional y nacional, y parte de su fauna participa en el control de plagas y enfermedades, polinización y dispersión de semillas. Además, la zona es y ha sido muy importante en términos religiosos desde la época prehispánica ya que en ella se han efectuado diversos rituales (Almeida-Leñero *et al.* 2007). Finalmente, gracias a su patrimonio histórico y a sus numerosos paisajes naturales, la cuenca se ha convertido en un lugar idóneo para el ecoturismo y la recreación, con un alto potencial educativo (PMMIASCRMDF 2008).

Pese a su importancia ecológica, económica y social, la Cuenca del Río Magdalena presenta una disminución y deterioro en su cobertura vegetal, así como un elevado empobrecimiento biológico, originados por conflictos relacionados a su manejo y estatus legal que han ocasionado el crecimiento acelerado de la mancha urbana, además de sobreexplotación de los recursos, tala clandestina, turismo no controlado, contaminación del río, prácticas agro-pastoriles, incendios forestales y erosión del suelo (Almeida-Leñero *et al.* 2007).

Por lo anterior y ante la pérdida acelerada de las especies (Halffter *et al.* 2001), así como del desconocimiento de más del 80% de las mismas en el planeta (Sarukhán *et al.* 2009), pero sobre todo, debido a que el bienestar de las generaciones presentes y futuras dependen de los beneficios ambientales que se obtienen de los ecosistemas y las especies que habitan en ellos (Dirzo y Raven 1994), es de vital importancia conocer de ellas lo más posible para asegurarles un manejo apropiado y su conservación a largo plazo (Halffter *et al.* 2001). En este sentido, la mejor manera de conocer la diversidad biológica en un tiempo y espacio determinados es a través de los inventarios biológicos (Halffter *et al.* 2001). Estos incluyen el muestreo, captura, preservación y catalogación, así como cuantificación y cartografiado de las especies (Péfaur 1995, Halffter *et al.* 2001). Lo anterior resulta en una base de datos cuyo análisis sintetiza información sistemática, ecológica y biogeográfica (Halffter *et al.* 2001), que responde a una necesidad científica y social, que permite a los responsables de la gestión y conservación de la biodiversidad aplicar la información a la selección de áreas para su conservación, llevar a cabo la exploración biológica subsecuente de las áreas menos conocidas del país, así como de aquellos ecosistemas que están siendo perturbados más intensamente o que estén en

condiciones críticas de amenaza de destrucción completa o semicompleta en el futuro cercano (Dirzo y Raven 1994).

De esta manera y como parte del proyecto “Manejo de ecosistemas y desarrollo humano en la Cuenca del Río Magdalena, D.F.”, el presente inventario avifaunístico proporciona información que se pretende sirva de base para: (1) entender el papel de las aves como recurso ecosistémico, lo que justificaría plenamente la conservación del patrimonio “aves” en la región; y (2) planear su manejo y el de su hábitat, y con ello crear propuestas ecológicas, económicas, educativas, científicas, recreativas o de algún otro uso potencial en la zona de estudio.

## 2. ANTECEDENTES

### Estudios de aves realizados en el Distrito Federal y cercanos a la zona de estudio

Uno de los trabajos más importantes es el de Wilson y Ceballos-Lascurain (1993), quienes a través de una compilación de todos los estudios ornitológicos hechos hasta ese momento en la Cuenca de México y de su propia experiencia en campo, realizaron el primer check-list para el Distrito Federal registrando 328 especies de aves.

Entre los trabajos realizados cerca de la Cuenca del Río Magdalena, se encuentra el de Ramos (1974), el cual es un estudio ecológico sobre la avifauna del Pedregal de San Ángel, en el que se registra un total de 95 especies, de las cuales aproximadamente un 33% son compartidas entre los cuatro tipos de hábitat analizados en dicho estudio y que corresponde a bosque de pinos cultivados (hoy bosque de Tlalpan), bosque de encinos al suroeste del cerro Zacatépetl, matorral de palo loco (*Pittocaulon praecox*) y Jardín Botánico ambos dentro de Ciudad Universitaria; el estudio mostró también que cuatro y ocho especies de aves eran exclusivas del bosque de pino y encino respectivamente. Este trabajo resulta importante porque refleja el estado en el que se encontraban las asociaciones vegetales y comunidades de aves, justo antes de la construcción de avenidas y colonias residenciales en esta zona del Distrito Federal y que provocaron la pérdida de la continuidad vegetal hacia la zona boscosa del Ajusco.

El avance de la mancha urbana hacia las áreas naturales al sur de la Cuenca de México que ocurrió a mediados de la década de los 70's del siglo pasado, dejó algunas islas de vegetación, como en la que se estableció la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en la cual Arizmendi *et al.* (1994) reportaron 106 especies de aves, cuatro de ellas endémicas, señalando que el Pedregal de San Ángel funge como un importante refugio vegetal y faunístico al sur del Distrito Federal, que las aves lo usan como un lugar de paso, invernación o reproducción.

Por otra parte, Cabrera (1995) realizó un análisis comparativo en términos de riqueza, diversidad y abundancia, así como de la variación temporal de las comunidades de aves presentes en el Centro Ecoguardas (CE) y el Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM), ambos sitios ubicados en

el Ajusco Medio y considerados relictos del fragmentado bosque de encinos del Pedregal de San Ángel. En este estudio se registraron 104 especies y se determinó que la comunidad de aves en el PECM es más rica y diversa, y alberga un mayor número de especies endémicas que el CE. Es importante mencionar que este estudio mostró que existe una variación temporal significativa en la riqueza específica, diversidad y densidad de las aves en los dos sitios, lo cual está asociado a la llegada de especies migratorias y a la época de lluvias que marca una mayor disponibilidad de recursos. El autor considera que el Ajusco Medio es un área muy importante debido a la riqueza biológica que alberga y a los servicios ecosistémicos que aporta a la ciudad de México.

Posteriormente, Arenas (2004) aportó información actualizada sobre la fenología y distribución de la avifauna del Ajusco Medio y del Pedregal de San Ángel, en tres tipos de vegetación: bosque de pino (*Pinus*), encino (*Quercus*) y matorral xerófilo (*Pittocaulon praecox*) distribuidos en las localidades del Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM), Centro Ecoguardas (CE) y Pedregal de San Ángel (PSA). El trabajo registró un total de 134 especies y mostró que el hábitat con la mayor riqueza fue el matorral xerófilo (PSA y PECM) con 88 y 80 especies respectivamente, seguido de los bosques de encino (PECM y CE) y de pino (PECM) con 72, 67 y 58 especies respectivamente. La alta riqueza específica y de endemismos encontrado en el estudio, se sugiere, depende de la heterogeneidad y microambientes presentes en cada hábitat y de su cercanía con otras áreas con vegetación natural que permiten a las especies realizar movimientos altitudinales y locales entre los distintos tipos de vegetación, por lo que esta zona de estudio es importante para el mantenimiento del recambio de especies y la conservación de las aves del Distrito Federal.

Finalmente, Díaz (2008) analizó la distribución espacio temporal de la avifauna asociada a las zonas áridas y templadas del Jardín Botánico y a los viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, dentro de Ciudad Universitaria durante un ciclo anual. Su estudio registró 79 especies que representaron el 74.54% con respecto a aquellas registradas para el Pedregal de San Ángel, y donde la zona de los viveros mostró la mayor riqueza, abundancia y diversidad de aves y determinando que la distribución espacio temporal de las aves depende de la temporada de lluvias, ya que ésta produce cambios en la composición y estructura vegetal y posibilita una mayor obtención de los recursos alimenticios.

## Estudios de aves en la Cuenca del Río Magdalena

A nivel de inventario, el conocimiento que se tiene de la avifauna de la Cuenca del Río Magdalena es aún incompleto. Los primeros registros que se tienen para la zona de estudio se encuentran entre los trabajos de Wilson y Ceballos-Lascurain (1993), quienes a partir de las 328 especies de aves registradas para el Distrito Federal, 153 fueron avistadas dentro de la Delegación Magdalena Contreras, la cual circunscribe el Valle de Contreras o los “Dínamos”.

Adicionalmente, Cabrera y Meléndez (1999), realizaron un estudio de la avifauna de la región boscosa al sur de la Cuenca de México, que comprende las elevaciones volcánicas del Estado de México, Morelos y de las delegaciones Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta y Tlalpan en el Distrito Federal, específicamente sobre las Sierras del Ajusco, Chichinautzin, Lagunas de Zempoala, de Las Cruces y Sistema Cadena. Estos autores reportaron 211 especies de aves que representan el 64% de todas las aves reportadas para el Distrito Federal por Wilson y Ceballos-Lascurain (1993) y el 19% del total de la avifauna mexicana de acuerdo a Navarro-Sigüenza y Gordillo (2006), por lo que en vista de estos resultados la región resulta de gran importancia para la conservación de las aves de México.

De manera más específica, Puebla-Olivares y Figueroa (no publicado) realizaron una guía de aves del suelo de conservación de la Delegación Magdalena Contreras, cuya área comprende la Cuenca del Río Magdalena y las zonas circundantes a ella dentro de los límites de dicha delegación; dicha guía describe 109 especies de aves que considera son las más comunes de observar, de un total de 128 especies que en base a diferentes estudios se estima que ocurren o pudieran ocurrir en el suelo de conservación contrerense (Puebla-Olivares 2006, Puebla-Olivares y Figueroa, no publicado).

Recientemente, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009) describieron los patrones de diversidad, estructura y composición de las comunidades de aves en diferentes categorías de uso de suelo en un gradiente urbano en la región suroeste del Distrito Federal, principalmente en las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Coyoacán, Tlalpan, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Álvaro Obregón. En dicho estudio se encontró un total de 58 especies de aves y observó que conforme aumenta el grado de urbanización, la riqueza de especies y la equitatividad de la comunidad disminuyen, mientras la abundancia de ciertas especies aumenta y las comunidades de

aves se ven dominadas por unas cuantas especies. El estudio demuestra que la urbanización no sólo provoca la homogeneización taxonómica de las comunidades de aves, sino que también puede derivar en su homogeneización funcional (composición trófica) en áreas con alto desarrollo urbano.

Como puede verse de lo anterior, los estudios en esta región son escasos, por lo que para el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos:

### 3. OBJETIVOS

#### General

Elaborar un inventario avifaunístico de la Cuenca del Río Magdalena, con la finalidad de generar información básica de la avifauna de esta región, además de conocer su diversidad (riqueza y abundancia), estructura y composición.

#### Particulares

- Determinar la riqueza total y composición taxonómica de las aves de la Cuenca del Río Magdalena.
- Generar un listado de las aves presentes en el área de estudio, señalando su estacionalidad, estado de conservación, endemismo, importancia económica y las especies observadas en cada hábitat.
- Evaluar la diversidad (riqueza y abundancia), estructura (equitatividad / dominancia) y similitud taxonómica de las comunidades de aves a lo largo de un gradiente altitudinal correspondiente a tres comunidades vegetales en la Cuenca del Río Magdalena.

#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

##### Localización

La Cuenca del Río Magdalena se ubica al suroeste del Distrito Federal (Almeida *et al.* 2007), ocupando la porción sureste de la Sierra de Las Cruces (Álvarez 2000). Comprende las delegaciones políticas de la Magdalena Contreras (60%), Álvaro Obregón (30%) y Cuajimalpa (10%), abarcando una superficie de 2,992.8 hectáreas entre las coordenadas UTM 14Q473550 y 14Q464453 y 2127613 y 2133714 (coordenadas geográficas 19° 14' 35" y 19° 17' 53" N y 99° 15' 06" y 99° 20' 18" O) (Jujnovsky 2006, PMMIASCR MDF 2008). Colinda al sureste con la cuenca del río Eslava, al noroeste con las cabeceras de las cuencas de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel. Se localiza dentro de la Provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (Álvarez 2000), (Figura 1).

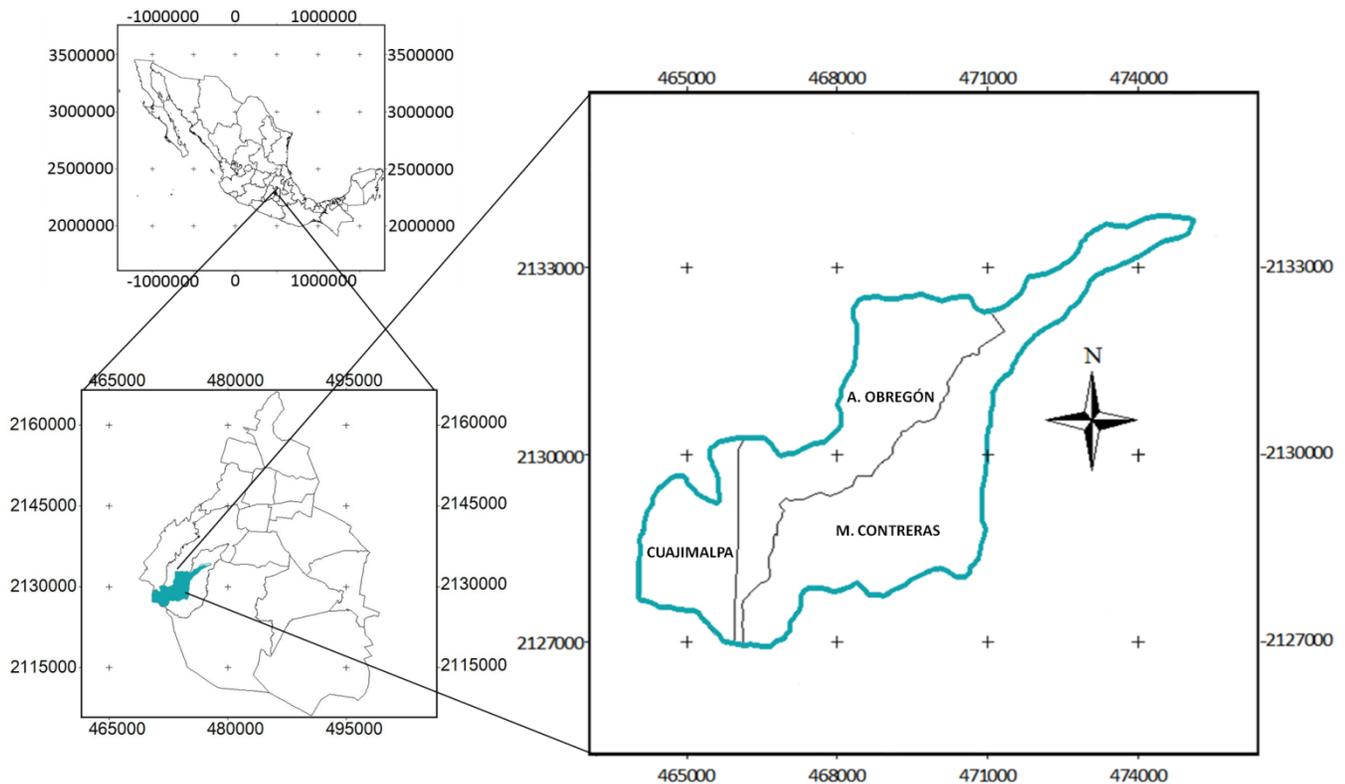


Figura 1. Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Magdalena.

## Aspectos físicos

La Cuenca del Río Magdalena es una formación de material ígneo extrusivo, producto de manifestaciones volcánicas del Terciario y Cuaternario. La mayoría de las rocas que componen estos substratos rocosos son las andesitas y dacitas, pero también se presentan tobas andesíticas y brechas (Álvarez 2000). El relieve va de los 2,470 msnm en la zona noreste de la cuenca a los 3,850 msnm al suroeste de la misma (Ontiveros 1980, Álvarez 2000), distinguiéndose tres unidades: (1) la zona baja en el límite que divide el área ecológica con la urbana, corresponde al nivel de base del río hasta los 2,600 msnm; (2) la zona de talud transicional que comienza con un ascenso suave a la altura de los 2,600 msnm, con una elevación muy abrupta entre los 3,000 a 3,400 msnm; (3) la región montañosa que comprende las mayores elevaciones de la Sierra de Las Cruces, destacando los picos de El Muñeco (3,850 m), La Palma (3,789 m), San Miguel (3,775 m), Nezehuiloya (3,760 m), Las Palmas (3,750 m), El Arrepentimiento (3,660 m), Coyotes (3,650 m), Cerro Panza (3,600 m), Balcón del Explorador (3,500 m), Cerro Tarumba (3,460 m) y Media Luna (3,460 m) (Cervantes 1969).

Las fracturas que existen en la cañada son diversas, la mayoría tienen un rumbo al oriente y algunas de éstas han sido ocupadas por corrientes como los arroyos Las Regaderas, El Agua escondida y El Potrero, mientras que el cauce del río Magdalena se adapta a una falla en parte de su trayecto entre los 2,700 y 2,800 m de altitud (Álvarez 2000).

Los suelos que predominan son los Andosoles (46 Km<sup>2</sup>), aunque también se manifiestan Phaeozems (18 Km<sup>2</sup>) y Litosoles (1 Km<sup>2</sup>). Los Andosoles se forman a partir de cenizas volcánicas ricas en vidrio, generalmente ácidos, localizados en la parte alta de la cuenca con una alta vocación forestal (Álvarez 2000, Cervantes y Alfaro 2000). Los subtipos de Andosol son húmico y mólico (Álvarez 2000). El subtipo húmico, presenta una capa oscura o negra sobre el suelo rojizo o amarillento, rico en humus, mientras que el subtipo mólico tiene una capa superior rica en materia orgánica y en nutrientes (Castillo 2003). En la zona urbana hasta el Primer Dinamo se encuentran Andosoles húmicos de textura media limosa a franca arenosa. En el Primer y Tercer Dinamo también se presentan áreas de Andosol húmico combinado con un Litosol de textura media limosa (Ávila 2002). Los Phaeozems se caracterizan por ser suelos de superficie oscura, consistencia suave, ricos en materia orgánica y en nutrientes que se distribuyen a lo largo del piedemonte y en los llanos de origen volcánico, en el límite con la zona

urbana (Castillo 2003). Los Litosoles son aquellos suelos que tienen una profundidad menor a 10 cm, los materiales que los forman pueden ser fértiles o infértiles, compuestos de arcillas o arenas, su uso puede ser forestal, agrícola o ganadero y se ubican en superficies escarpadas donde el relieve montañoso no permite el desarrollo de suelos, por ejemplo, en los cerros Meyuca y Cajetes (Álvarez 2000, Castillo 2003).

## **Hidrología**

La Cuenca del Río Magdalena presenta corrientes perennes e intermitentes que proveen cerca de 20 millones de m<sup>3</sup> de agua al año (Álvarez 2000, Almeida-Leñero *et al.* 2007). El río perenne más importante es el río Magdalena, que nace cerca de la localidad llamada Puerta del Pedregal a una elevación aproximada de 3,640 m de altitud y recorre la cañada de Cieneguillas (Álvarez 2000). Tiene como afluentes los escurrimientos de Acopilco, el Chinaco, el cerro de San Miguel y Media Luna, pero también es alimentado por una gran cantidad de manantiales entre los que destacan Los Pericos, Las Ventanas, San Miguel, Cieneguillas, Temascalco y San José (Ávila 2002).

El río Magdalena tiene un curso en dirección noreste y un cauce de una longitud de 21.6 km, de los cuales 17 km atraviesan los bosques de la cuenca alta. Después, penetra en la zona urbana hasta llegar a la presa Anzaldo en un recorrido de 4 km y a partir de la misma, el río es entubado y dirigido hacia el río Churubusco en un trayecto de 2 km. Las aguas continúan su recorrido por el gran canal de desagüe para salir de la cuenca de México a través de los túneles artificiales de Tequisquiac, donde llega a la cuenca del río Tula, el cual continúa hasta la presa Zimapán en Hidalgo-Querétaro, en la confluencia del río San Juan para integrarse y formar el río Moctezuma en el lugar conocido localmente como el Cañón del Infiernillo. A partir de este sitio una parte del agua viaja por un túnel de desfogue hasta la casa de máquinas de la presa en la comunidad de Las Adjuntas, de aquí sigue el curso al noreste del país hasta integrarse al río Panuco en Tamaulipas y finalmente desembocar al Golfo de México (Álvarez 2000).

## Clima

El gradiente altitudinal de la cuenca conlleva a la existencia de tres tipos de clima; en la parte urbana y hasta los 2,800 msnm se presenta el clima templado subhúmedo C (w2)(w), con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C, mientras que en laderas de montaña desde el Tercer Dinamo hasta las partes más altas de la cuenca, entre los pisos de 2,800 a 3,600 msnm, se presenta el clima semifrío subhúmedo C (e)(w2)(w), con una temperatura media anual entre 5 y 12 °C y en las zonas más altas del relieve montañoso a una altitud promedio de 3,600 msnm, se presenta el clima semifrío húmedo C (e)(m)(w); todos estos climas presentan un régimen de lluvias en verano y precipitación invernal menor al 5% (Castillo 2003). La precipitación en la cuenca aumenta conforme hay ascenso de altitud, por lo tanto, a la altura del Primer Dinamo se registra una precipitación cercana a los 1,000 mm, mientras que en el Cuarto Dinamo la isoyeta corresponde a los 1,200 mm, y en la parte suroeste de la cuenca la precipitación asciende hasta los 1,500 mm (Álvarez 2000). La época de lluvias va de mayo a octubre, siendo la precipitación mayor a la evapotranspiración. El verano es fresco y largo y hay poca oscilación térmica. La temperatura media anual oscila entre 10 a 14 °C y los meses más cálidos son abril, mayo y junio (Almeida-Leñero *et al.* 2007).

## Vegetación

La Cuenca del Río Magdalena está comprendida en la Provincia Florística de las Serranías Meridionales dentro de la Región Mesoamericana de Montaña, en donde se combinan especies del norte (holárticos) en el estrato arbóreo y del sur (neotropicales) en el arbustivo y herbáceo (Rzedowski 1978). De acuerdo con la denominación de Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2001), la cuenca presenta tres de los cuatro bosques más representativos de los bosques templados del país que son el bosque mixto, bosque de oyamel (*Abies religiosa*) y bosque de pino (*Pinus hartwegii*), mismos que se distribuyen en un gradiente altitudinal de los 2,620 a los 3850 msnm (Nava 2003). Estos bosques constituyen la masa forestal mejor conservada del suelo de conservación del Distrito Federal, ya que de las 2, 992.8 hectáreas que ocupa la cuenca, el 66% de la cobertura vegetal (1, 997.6 hectáreas) corresponde a bosques en buen estado de conservación (PMMIASCRMDF 2008). A continuación se describen las principales comunidades vegetales presentes en la cuenca de acuerdo con Nava (2003):

Bosque mixto, distribuido en la parte baja de la cuenca (2,620 – 3,370 msnm). Es la segunda comunidad en cuanto a diversidad se refiere (113 especies) y ocupa la menor extensión dentro de la cuenca (260.3 ha). Es una de las comunidades más complejas estructuralmente, por la mezcla de especies de diferentes comunidades vegetales. Esta comunidad se caracteriza por la gran variedad de especies arbóreas, por lo que este estrato es el que domina y donde *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus jorullensis* var. *jorullensis*, *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*, son las especies más representativas. El estrato arbustivo presenta menor cobertura y sus principales representantes son *Roldana angulifolia* y *Senecio barba-johannis* (Nava 2003 y PMMIASCRMDf 2008). Se reconocen tres asociaciones vegetales: *Abies religiosa-Quercus laurina*, *Pinus patula-Cupressus lusitanica* y *Quercus laurina-Quercus rugosa*, esta última asociación se distribuye en la parte más baja de la cuenca, siendo la más cercana a la zona urbana, por lo que soporta presiones antropogénicas como fragmentación por asentamientos humanos y residuos inorgánicos (Ávila 2002). Asimismo, es la comunidad con el mayor número de especies arvenses y ruderales (30 especies), las cuales son indicativas de perturbación y es común encontrarlas en cultivos o a orillas de los caminos (Nava 2003).

Bosque de oyamel (*Abies religiosa*), se localiza en la parte intermedia (2,750 – 3,500 msnm), es la comunidad más diversa (116 especies) y la de mayor extensión dentro de la cuenca (1,130 ha). Es una comunidad homogénea caracterizada principalmente por los estratos arbóreo y arbustivo representados por *Abies religiosa* y *Roldana angulifolia*. Otras especies representantes del estrato arbustivo pero con bajas coberturas son: *Acaena elongata*, *Cestrum thrysoideum*, *Fuchsia microphylla* var. *microphylla* y *Senecio barba-johannis* y en el estrato herbáceo está *Salvia elegans*. Presenta tres asociaciones vegetales: *Acaena elongata-Abies religiosa*, *Roldana angulifolia-Abies religiosa* y *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*. La presencia de las especies *Roldana angulifolia* y *Acaena elongata* también son indicadores de perturbación (Nava 2003).

Bosque de pino (*Pinus hartwegii*), ubicada en la parte más alta (3,420 – 3,800 msnm), con una extensión de 607.4 ha, es la comunidad menos diversa (97 especies) y con menor alteración en su estructura. Es una comunidad abierta caracterizada por la dominancia en primer lugar del estrato herbáceo representado por gramíneas como *Festuca tolucensis* y *Muhlenbergia quadridentata* y en segundo lugar por el estrato arbóreo monoespecífico, representado por *Pinus hartwegii*. Otras

especies herbáceas con menores coberturas son *Cirsium jorullense* var. *jorullense*, *Eryngium carlinae* y *Penstemon campanulatus*. En el estrato arbustivo aparecen *Vaccinium caespitosum* y en el estrato rasante está principalmente *Alchemilla vulcanica*. Las epífitas son muy escasas y se representan por *Arceuthobium vaginatum*, que es parásita de *Pinus hartwegii*. Se reconocen dos asociaciones vegetales: *Muhlenbergia quadridentata*-*Pinus hartwegii* y *Festuca tolucensis*-*Pinus hartwegii* (Nava 2003).

Como se puede observar, entre comunidades vegetales no existe un límite altitudinal bien definido, si no que existen ecotonos, en los que pueden coexistir especies con intervalos altitudinales diferentes, de tal forma que hay especies que se encuentran en la transición de una comunidad a otra (Nava 2003).

Asimismo, dentro de la cuenca existen zonas de menor extensión con otros tipos de vegetación como áreas agroforestales, cultivos, algunos matorrales y pastizales naturales e inducidos. Estos últimos son una formación antrópica producto de la deforestación de áreas verdes para fines de agricultura o ganadería y en algunos casos también se han originado por incendios naturales o provocados (Castillo 2003, Ávila 2004) y de ellos existen registrados 48 parches o polígonos que ocupan el 4% de la cuenca; se localizan en las planicies y relieves poco accidentados, distribuidos en prácticamente todas las comunidades vegetales, lo que habla de una perturbación discontinua (Castillo 2003, Ávila 2004), cuya mayoría se encuentran en la zona más cercana de la mancha urbana. Estos parches están dominados por gramíneas de baja altura, escasos arbustos y nada de árboles (Ávila 2004). Los parches de vegetación secundaria coinciden con las actividades humanas que se desarrollan en la cuenca, las cuales son más intensas del primero al Cuarto Dinamo (entre los bosques mixto y de oyamel), disminuyendo paulatinamente del Cuarto Dinamo al nacimiento del río en el valle de Cieneguillas (PMMIASCRMDf 2008).

## 5. MÉTODO

### Muestreo de aves

Los muestreos de aves se llevaron a cabo durante los meses de enero a noviembre de 2007 en los tres pisos altitudinales correspondientes a las tres comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena: bosque mixto, bosque de oyamel y bosque de pino. Los muestreos se realizaron entre las 8:00 a.m. y las 12:30 p.m.; el periodo de tiempo en promedio por visita fue de 3 horas 45 minutos.

El método de muestreo empleado fue el de puntos de conteo de radio fijo de 25 m (Hutto 1986). Mediante este método, cada punto de conteo o muestra ( $n$ ) representó una unidad del esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). En cada hábitat, los puntos de conteo fueron establecidos en sitios de muestreo fijos, que a su vez se ubicaron en parajes y senderos poco transitados, a una distancia mínima entre sitios de 200 m en hábitats cerrados y 250 m en hábitats abiertos, con el fin de producir muestras estadísticamente independientes (Hutto 1986, Bibby *et al.* 1992, Ralph *et al.* 1996). Cada hábitat tuvo un número distinto de sitios de muestreo fijos (bosque mixto = 12 sitios de muestreo, bosque de oyamel = 27 sitios de muestreo, bosque de pino = 12 sitios de muestreo) (Apéndice 1 y Figura 2). Al número total de puntos de conteo (muestras) realizados en cada hábitat se le represento con una ( $N$ ).

El periodo de observación en cada punto de conteo fue de 15 minutos, y en algunos casos, se dedicaron 5 minutos más a la búsqueda de los individuos que no pudieron ser identificados durante el muestreo. En cada punto de conteo se registraron a todas las especies de aves detectadas de forma visual y auditivamente, así como el número de individuos y el sexo, cuando fue posible. Para incrementar el listado de especies, también se registraron las aves de paso y las observadas fuera de los puntos de conteo, así como las observadas o escuchadas durante el tiempo de traslado hacia el siguiente punto y aquellas vistas en eventuales recorridos aleatorios.

La hoja de registros de datos en campo también incluyó información sobre la localidad, coordenadas UTM del punto de conteo, altitud, fecha, condiciones climáticas, hora de inicio y término de los muestreos, sustrato en el que se observaron a las aves, actividad de los ejemplares, comunidad

vegetal, número de punto de conteo, hora de registro y observaciones adicionales. Para la identificación de las aves se utilizaron binoculares de 10x50, guías de identificación de campo de Howell y Webb (1995), Peterson y Chalif (1998), Sibley (2001), Kaufman (2005) y Van Perlo (2006), así como grabaciones de canto de aves (Xeno-canto 2010).

A partir de los datos recabados en campo se elaboró una base de datos de la avifauna presente en la Cuenca del Río Magdalena en Excel 2007.

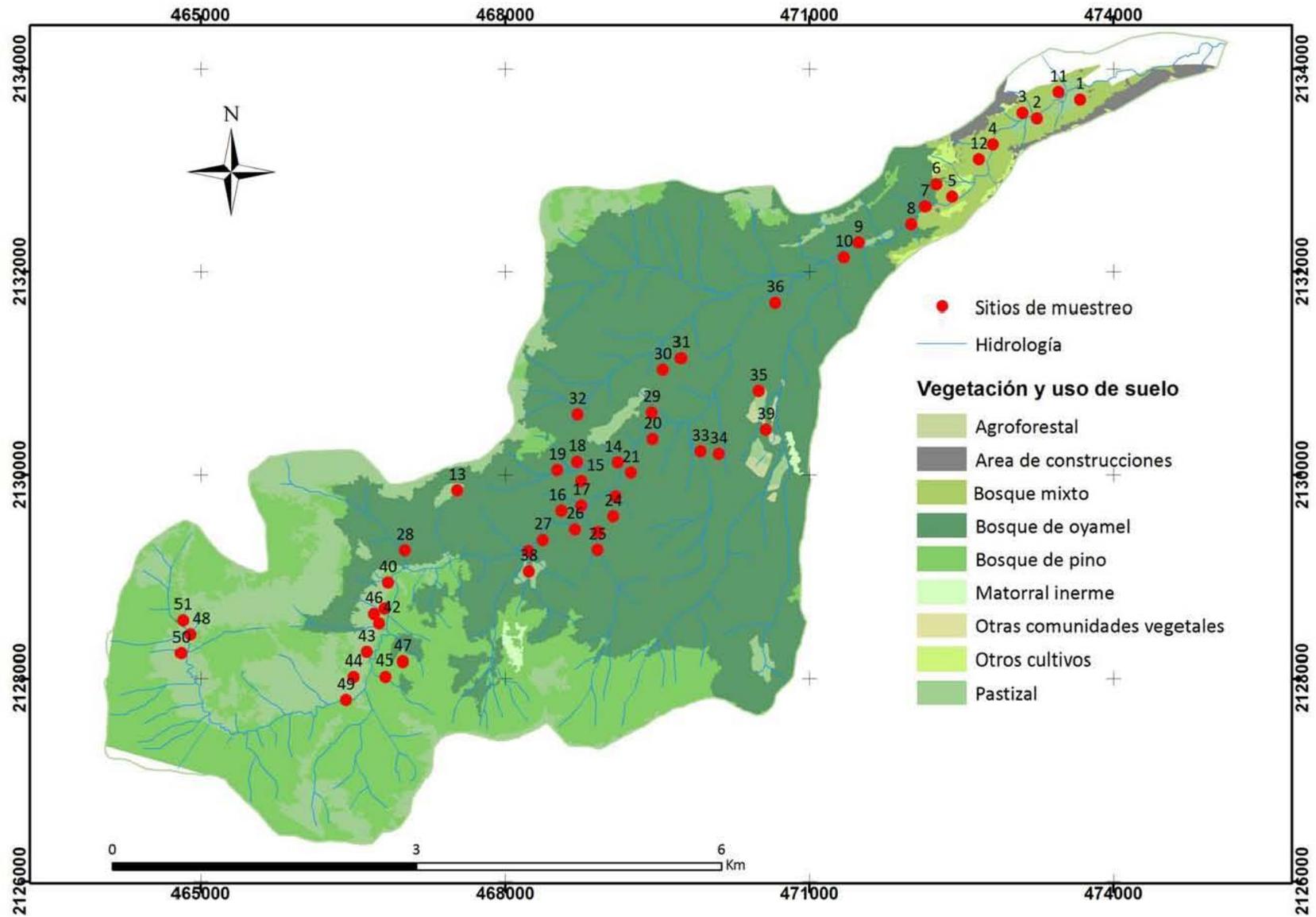


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo. Los números indican las localidades que se describen en el Apéndice 1.

## Análisis de datos

### Riqueza específica y composición taxonómica

La riqueza del área de estudio, es el número total de especies registradas de enero a noviembre de 2007, tanto dentro como fuera de los puntos de conteo.

Composición taxonómica. Las aves del área de estudio fueron listadas siguiendo la nomenclatura y secuencia taxonómica propuesta por The American Ornithologists' Union (AOU 1998) y suplementos recientes (AOU 2000; Banks *et al.* 2002, 2003, 2004, 2005, 2006; Banks *et al.* 2007; Banks *et al.* 2008; Chesser *et al.* 2009, 2010). La lista, además, indica las especies observadas en cada hábitat (riqueza por hábitat), e incluye los datos de estacionalidad, estado de conservación, categorías de endemismo e importancia económica (INE 1997).

Estacionalidad. Para clasificar la presencia estacional de las especies de aves en el área de estudio, se tomaron en cuenta las categorías propuestas por Howell y Webb (1995):

- Residente (R): Aves que se reproducen y permanecen durante todo el año en el área de estudio.
- Migratoria (M): Aves que se reproducen en latitudes más septentrionales y pasan el invierno en el área de estudio.
- Transitoria (T): Aves que se reproducen en latitudes más septentrionales y utilizan el área de estudio como zona de paso hacia Centro y Sudamérica. Estas aves solo están presentes en la primavera y/u otoño.
- Accidental (A). Aves fuera de su área de distribución habitual, es decir, vagabundas que alcanzan una región por accidente y han sido vistas menos de cinco veces.

Estatus de conservación. Las categorías de riesgo que se usaron para clasificar el estado de conservación de las especies presentes en el área de estudio, se basaron en la NOM-059-SEMARNAT-

2010 (SEMARNAT 2010), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2010 por sus siglas en inglés) y Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2009 por sus siglas en inglés).

Endemismo. Para especificar la distribución geográfica de las especies se usaron las categorías de endemismo propuestas por González-García y Gómez de Silva (2003):

- Endémica: Especie que sólo se distribuye dentro de los límites políticos de la República Mexicana.
- Cuasiendémica: Especie que debido a la continuidad de un hábitat o sistema orográfico puede extender su área de distribución fuera de México, sin exceder los 35 000 Km<sup>2</sup>.
- Semiendémica: Especie endémica al país durante una época del año.

Para determinar las categorías de endemismo de las aves de la zona de estudio, se utilizaron los mapas digitales de Ridgely *et al.* (2007) en plataforma ArcView 3.2 (ESRI 1999).

### **Representatividad de los muestreos**

Para evaluar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para tener una muestra representativa de la avifauna de la Cuenca del Río Magdalena, se utilizaron dos de los estimadores de riqueza de especies más adecuados a la naturaleza de mis datos: un estimador asintótico con base en la ecuación de Clench (Soberón y Llorente-Bousquets 1993) y un estimador no paramétrico basado en la abundancia (ACE). Para ambos estimadores se consideró el número total de muestreos realizados en la zona de estudio, considerando a las especies registradas tanto dentro como fuera de los puntos de conteo en cada día de muestreo.

Para evaluar la calidad del muestreo mediante la ecuación de Clench  $S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$ , se empleó el método de estimación Simplex y Quasi Newton del programa de STATISTICA (StatSoft Inc. 2010). Se obtuvieron los parámetros de la función  $a$  y  $b$ , en donde  $a$  representa la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario y  $b$  es un parámetro relacionado con la forma de la curva.

Mediante la división de estos parámetros ( $a/b$ ) se obtuvo la riqueza máxima esperada para la zona de estudio. Se obtuvieron entre otras cosas también: (i) la proporción de especies registrada  $S_{obs}/(a/b)$ , que indica si se ha logrado un inventario completo; y (ii) las unidades de esfuerzo de muestreo necesarias para registrar un 95% de la avifauna en la CRM mediante la ecuación:  $n_q = q/[b \cdot (1-q)]$ , donde  $q$  es igual a 0.95, este resultado será muy útil para planificar un trabajo de muestreo futuro (para más detalles sobre este procedimiento, ver Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

Para el cálculo de la riqueza de especies esperada usando el estimador no paramétrico ACE, se empleó el programa EstimateS (Colwell 2005), el cual adopta un algoritmo para estimar el promedio de la tasa a la cual las especies han sido colectadas. Debido a que en este modelo el orden en el que las muestras son añadidas puede afectar la forma de la curva, se eliminó esta arbitrariedad aleatorizando el orden del muestreo 100 veces. Finalmente, con la tabla de resultados se construyó la curva de acumulación de especies. Adicionalmente, se calculó la proporción de especies observada con respecto a las especies estimadas con este predictor.

Finalmente, para determinar si el listado general y por hábitat está completo se utilizaron, los criterios propuestos por Gómez de Silva y Medellín (2002). De acuerdo a ellos, una lista está completa si en ella se detecta la presencia de familias y géneros que son omnipresentes en el territorio continental mexicano en cualquier área de un  $\text{km}^2$  o más, cuando no cumple con uno o más de estos criterios, el listado es incompleto.

### **Diversidad (riqueza y abundancia)**

La riqueza de especies total para cada tipo de vegetación depende, en general, del esfuerzo de muestreo. A mayor esfuerzo, mayor es el número de individuos muestreados y más especies serán registradas (Gotelli y Colwell 2001). Debido a que el esfuerzo de muestreo para cada tipo de vegetación fue diferente, se realizó un análisis de rarificación, el cual permitió la comparación estadística de los valores de riqueza de aves entre las distintas comunidades vegetales estudiadas, a través de la estandarización del número de individuos. El procedimiento consistió en estimar la riqueza de especies acumulada esperada para 1, 2... N muestras, siendo N el número total de puntos

de conteo para cada caso (bosque mixto N= 100, bosque de oyamel N= 67, bosque de pino N= 30). Este procedimiento se realizó mediante la aleatorización de los datos observados, utilizando el programa EstimateS (Colwell 2005). Para poder comparar la variación en la riqueza entre ambientes a niveles comparables de esfuerzo de muestreo y debido a que los conjuntos de datos difieren en el número de individuos por muestra (Gotelli y Colwell 2001), la riqueza acumulada calculada, se expresó en función del número de individuos, usando un número común de individuos en los tres ambientes. Finalmente, la riqueza acumulada calculada con intervalos de confianza de 95% (Sobs Mau Tau  $\pm$  IC 95%) fue graficada en plataforma Origin v. 6.0 (Microcal 1999). Los intervalos de confianza que no se solaparon fueron considerados estadísticamente distintos con un nivel de significancia de  $\alpha= 0.05$ .

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si los distintos tipos de vegetación afectan la abundancia de las aves (StatPlus 2007). Para este análisis, se utilizó un mismo tamaño muestral en cada comunidad (N= 30 puntos de conteo escogidos al azar). Posterior al análisis de varianza, se realizó un test *post-hoc* de Newman-Keuls para verificar diferencias significativas entre tratamientos en plataforma Kaleidagraph v. 4.0.3 (Synergy Software 2007). El nivel de significancia estadística para ambos análisis se estableció con un  $\alpha= 0.05$ . Asimismo, se calculó el valor promedio y el error estándar de las abundancias de aves en cada ambiente con el fin de compararlas entre sí (StatPlus 2007) y se graficó en plataforma Origin v. 6.0 (Microcal 1999).

### **Estructura**

Se evaluaron las diferencias en la estructura de las comunidades de aves mediante la comparación de la equitatividad / dominancia, usando gráficas de rango de especies / abundancia (Magurran 2004). Para este análisis, se utilizó un mismo tamaño muestral en cada comunidad (N= 30 puntos de conteo escogidos al azar). Esta representación gráfica integra dos componentes: (1) el número de especies (riqueza) presentes en una comunidad y (2) la abundancia, a través de la exploración de cómo se distribuyen los individuos presentes entre las distintas especies (equitatividad). Las especies fueron graficadas desde la más abundante hasta la más escasa a lo largo del eje de las abscisas (X) y sus abundancias fueron desplegadas en formato Log sobre el eje de las ordenadas (Y) en plataforma

Origin v. 6.0 (Microcal 1999). Una fuerte pendiente en la gráfica muestra una distribución desigual de las abundancias, en donde una proporción elevada de individuos de la comunidad pertenece a una o a unas pocas especies (especies dominantes), mientras que una pendiente suave implica que las abundancias de las especies presentes son similares, lo que indica que la comunidad es más equitativa o heterogénea. Este es un método efectivo para ilustrar cambios de las comunidades bióticas a lo largo de un gradiente (Magurran 2004).

Para evaluar las diferencias estadísticas de las pendientes de equitatividad / dominancia, se realizó un análisis de covarianza mediante el programa STATISTICA (StatSoft Inc. 2010) y una prueba *post-hoc* de Newman-Keuls (Synergy Software 2007). Para ambos análisis, se utilizó el mismo tamaño muestral en cada comunidad (N= 30 puntos de conteo escogidos al azar) y un nivel de significancia estadística de  $\alpha = 0.05$ .

### **Similitud taxonómica**

Para evaluar el cambio en la composición taxonómica de aves a través de las comunidades vegetales presentes en la cuenca, se realizó un análisis de similitud, evaluando la semejanza entre hábitat a partir de los datos de presencia-ausencia de las especies de aves de cada comunidad vegetal. Para este análisis, se utilizó un mismo tamaño muestral para cada comunidad (N = 30 puntos de conteo tomados al azar). Se calculó el coeficiente cualitativo de similitud de Jaccard:  $C_j = a/a+b+c$  (Moreno 2001), donde  $a$  es el número de especies de la comunidad 1,  $b$  es el número de especies de la comunidad 2 y  $c$  es el número de especies compartidas. El intervalo de los valores de este coeficiente va de 0 cuando las comunidades no comparten especies, hasta valores cercanos a 1, cuando las dos comunidades tienen la misma composición de especies. Con los valores obtenidos se construyó un dendrograma usando el programa BioDiversity Pro 2.0 (McAleece et al. 1997) y la similitud se expresó en porcentaje (0 a 100%).

## 6. RESULTADOS

Se realizaron 42 días de muestreos (157 horas), registrándose un total de 3050 individuos tanto dentro como fuera de los puntos de conteo. Debido a limitaciones de logística, mediante el método de muestreo de puntos de conteo no fue posible obtener el mismo número de muestras en cada hábitat: bosque mixto N= 100 (995 individuos), bosque de oyamel N= 67 (636 individuos) y bosque de pino N= 30 (484 individuos).

### Riqueza específica y composición taxonómica

La riqueza de aves observada para la Cuenca del Río Magdalena fue de 99 especies de aves. Esta riqueza está compuesta por 10 órdenes, 33 familias y 76 géneros, en donde el orden Passeriformes es el mejor representado, con 75 especies, seguido por el de los Apodiformes con 8 especies y el de los Piciformes y Falconiformes con cinco y cuatro especies respectivamente; los demás órdenes presentan entre una y dos especies cada uno (Ver Apéndice 2 y Cuadro 2). Asimismo, de las 33 familias registradas, Parulidae es la mejor representada con 12 especies, seguida de las familias Emberizidae (11), Turdidae (8) y Trochilidae (7). De la familia Parulidae, el género más representativo fue *Dendroica* con cinco especies.

**Cuadro 2. Composición avifaunística de la Cuenca del Río Magdalena.**

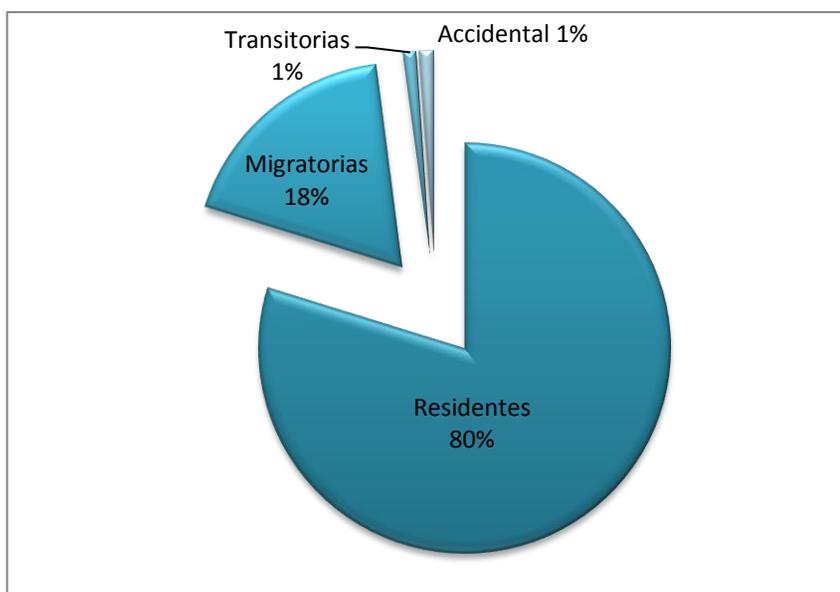
<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Galliformes	1	1	1
Accipitriformes	2	4	4
Falconiformes	1	1	1
Columbiformes	1	2	2
Strigiformes	1	1	1
Caprimulgiformes	1	1	1
Apodiformes	1	7	8
Trogoniformes	1	1	1
Piciformes	1	4	5
Passeriformes	23	54	75
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>76</b>	<b>99</b>

El hábitat con mayor riqueza específica registrada tanto dentro como fuera de los puntos de conteo fue el bosque mixto con 77 especies, seguido del bosque de oyamel y bosque de pino con 64 y 43 respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Composición avifaunística por hábitat.**

Hábitat	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Bosque mixto	10	32	63	77
Bosque de oyamel	6	25	53	64
Bosque de pino	4	23	36	43

Con relación a la presencia estacional, de las 99 especies registradas en el área de estudio, 79 se consideran residentes, las cuales se reproducen y pasan la mayor parte del tiempo en la Cuenca del Río Magdalena, mientras que 18 son migratorias, una especie es considerada transitoria en la zona de estudio (*Contopus cooperi*) ya que utiliza el área como parte de su ruta migratoria hacia Centro y Sudamérica y una más es considerada accidental (*Dendroica tigrina*) (Figura 3).



**Figura 3. Proporción de especies de aves registradas en la zona de estudio por estacionalidad.**

Por otra parte, de las 79 especies de aves residentes ocho son endémicas, tres son consideradas cuasiendémicas y cinco son semiendémicas a México (Cuadro 4). Por hábitat, el bosque mixto es la comunidad vegetal en la que se registró un mayor número de especies endémicas, cuasiendémicas y semiendémicas para México, seguida por los bosques de oyamel y de pino (Cuadro 4 y Apéndice 2).

En cuanto al estado de conservación de las especies presentes en la cuenca y conforme a la legislación mexicana (SEMARNAT 2010), 4% de las especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, donde *Dendrortyx macroura* está bajo la categoría de amenazada (A) y *Accipiter striatus*, *Cinclus mexicanus* y *Myadestes occidentalis* se encuentran bajo protección especial (Pr), el 1% (*Contopus cooperi*) está considerado dentro de la categoría de “bajo riesgo” (NT) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2010), y el 13% de las especies del presente trabajo se encuentran protegidas bajo el Apéndice II de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES 2009); lo anterior significa que el 17.2% de la riqueza avifaunística del área de estudio se encuentra con algún grado de amenaza y donde el bosque de oyamel es la comunidad vegetal con un mayor número de especies en alguna categoría de amenaza (Cuadro 4).

Adicionalmente, en la cuenca existen 16 especies de aves que son consideradas de importancia económica (INE 1997) (Ver Apéndice 2), de las cuales, una especie es endémica (*Turdus rufopalliatu*s), otra es cuasiendémica (*Ptilogonys cinereus*) y una más es semiendémica (*Pheucticus melanocephalus*). Al respecto, el bosque mixto es el hábitat donde se registró el mayor número de especies para uso comercial seguido por los bosques de oyamel y pino (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Números de especies de aves con algún estatus de endemismo, conservación, estacionalidad e importancia económica por hábitat en la Cuenca del Río Magdalena (CRM).**

<b>Estatus</b>	<b>Categorías</b>	<b>Bosque mixto</b>	<b>Bosque de oyamel</b>	<b>Bosque de pino</b>	<b>Total CRM</b>
<b>Estacionalidad</b>	Residentes	62	51	38	79
	Migratorias	14	12	5	18
	Transitorias	0	1	0	1
	Accidentales	1	0	0	1
	<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>64</b>	<b>43</b>	<b>99</b>
<b>Endemismo</b>	Endémica	7	6	5	8
	Cuasiendémica	3	3	2	3
	Semiendémica	4	4	2	5
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>16</b>
<b>Conservación</b>	NOM	4	2	1	4
	IUCN	0	1	0	1
	CITES	9	10	2	13
	<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>17</b>
<b>Importancia económica</b>		<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>16</b>

### Representatividad de los muestreos

Las curvas de acumulación construidas con los diferentes estimadores mostraron una tendencia a alcanzar su asíntota e indican un intervalo de riqueza total estimado de 110 a 114 especies para la zona de estudio (Figura 4). De esta manera, la riqueza observada en el presente estudio (99 sp.) representa del 86.70 al 90.09% de las especies estimadas con los diferentes predictores.

El parámetro ( $n_{0.95}$ ) obtenido por el ajuste de la ecuación de Clench, indica que si se desea hacer un esfuerzo adicional para registrar el 95% de las especies en la zona, se deberían realizar 117 días (437 horas) de muestreo en total, en este caso, 75 días de muestreo extra (117 días de muestreo total – 42 días de muestreos realizados = 75 días).

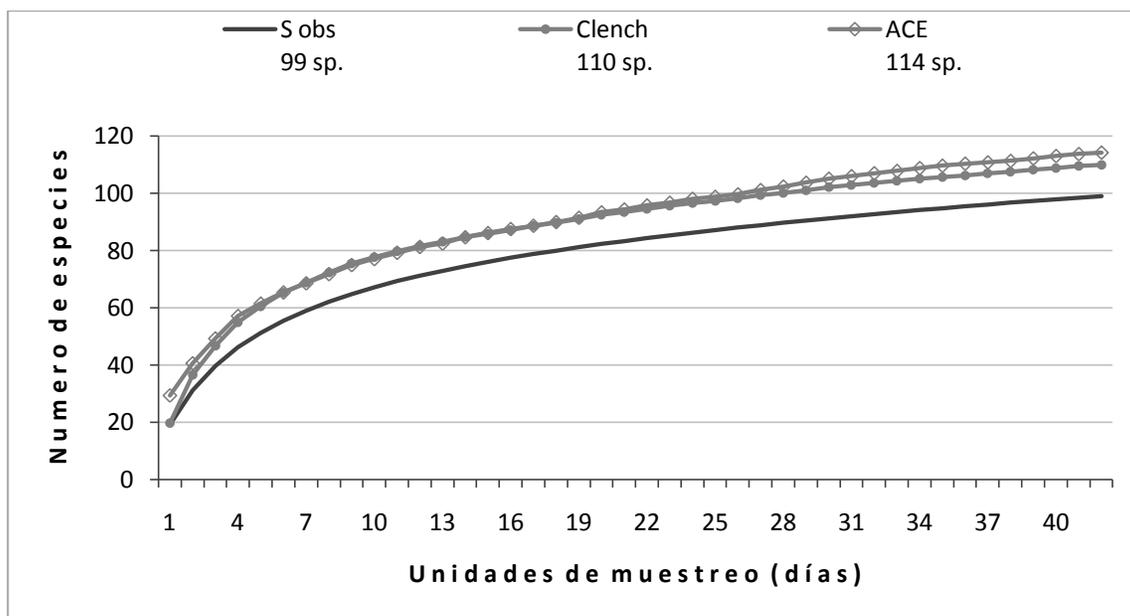


Figura 4. Curvas de acumulación de la riqueza estimada por diferentes estimadores en la Cuenca del Río Magdalena.

Por otro lado, y en términos de las familias que deben estar presentes, al listado general de especies le hacen falta registros para las familias Strigidae y Apodidae. Por hábitat, tampoco se observaron representantes de la familia Cathartidae y el género *Buteo* en el bosque mixto, ni tampoco las familias Cathartidae, Caprimulgidae e Icteridae y géneros *Accipiter* e *Icterus* en el bosque de oyamel, ni la familia Caprimulgidae y los géneros *Accipiter* y *Falco* en el bosque de pino.

**Diversidad (riqueza y abundancia)**

El análisis de rarificación muestra que la riqueza de especies disminuye linealmente con la altitud. La comparación de la riqueza de especies acumulada calculada (Sobs Mau Tau  $\pm$  IC 95%) en los tres tipos de vegetación usando un número común de individuos, en este caso 484 individuos, no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre la riqueza del bosque mixto ( $55.27 \pm 6.27$  especies) y bosque de oyamel ( $48.05 \pm 6.84$  especies) y entre el bosque de oyamel y el bosque de pino ( $38 \pm 6.26$  especies), lo cual sugiere que el bosque de oyamel es una transición entre los adyacentes. Sin embargo, sí se observó una riqueza significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en el bosque mixto que en el bosque de pino, dado que los intervalos de confianza no se solapan (Figura 5.a).

Por otra parte, la abundancia de aves ( $\pm$  error estándar) entre el bosque mixto ( $13.77 \pm 2.57$  individuos) y oyamel ( $10.70 \pm 1.42$  individuos) y entre el bosque mixto y el bosque de pino ( $16.13 \pm 2.21$  individuos; Figura 5.b) no exhibió diferencias significativas, mientras que la abundancia entre el bosque de oyamel y el bosque de pino fue mayor aunque no significativamente (ANOVA:  $F_{2, 87} = 1.649$ ,  $P = 0.198$ ). El análisis *post-hoc* (Newmal-Keuls) confirmó que no existen diferencias significativas entre tratamientos (bosque mixto vs. bosque oyamel,  $P = 0.309$ ; bosque mixto vs. bosque de pino,  $P = 0.432$ ; bosque de pino vs. bosque de oyamel,  $P = 0.172$ ).

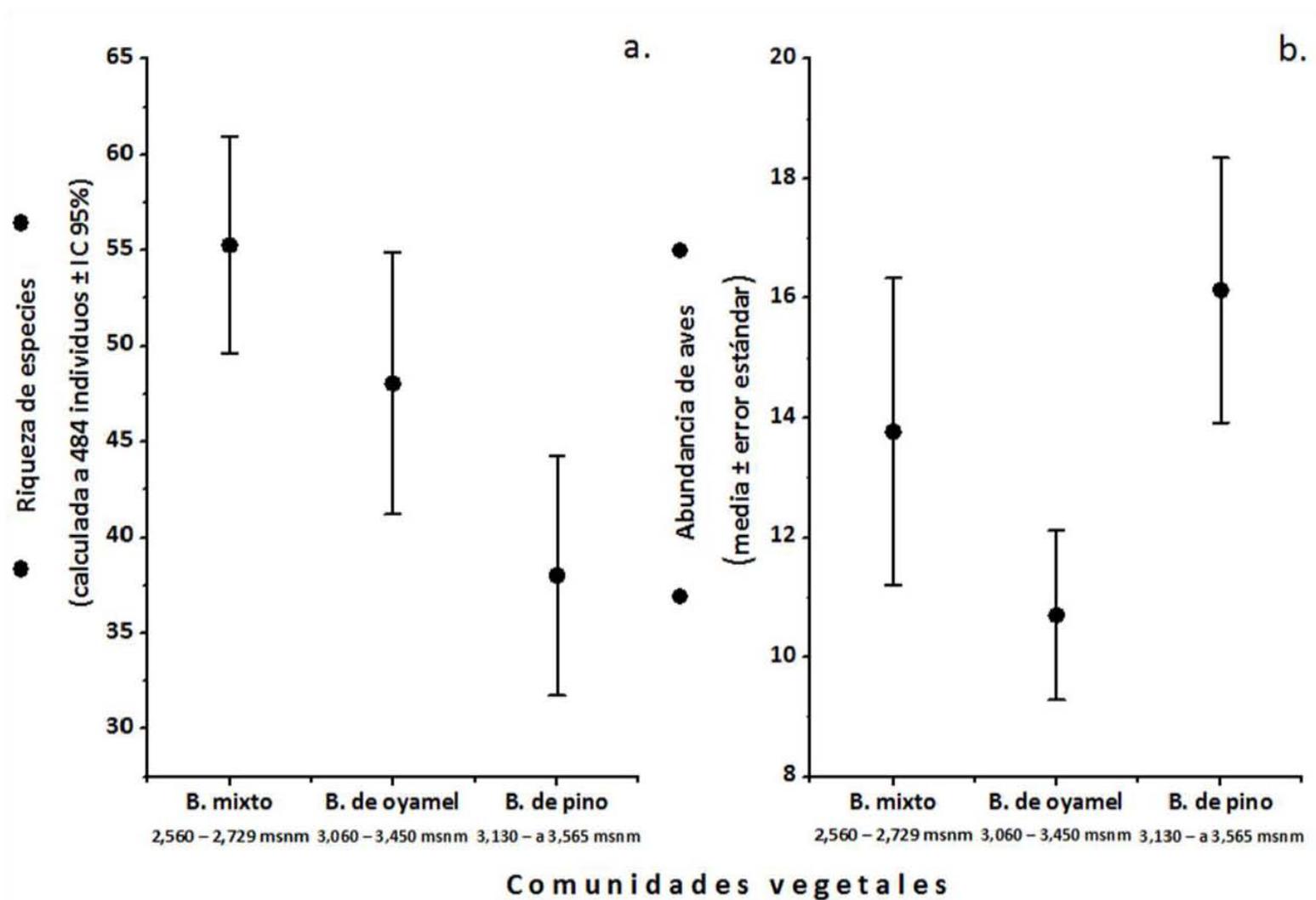


Figura 5. Variación de la riqueza y abundancia de aves dentro de las distintas comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena.

## Estructura

La estructura de las comunidades de aves registradas en los distintos tipos de vegetación no fue estadísticamente significativa ( $F_{2, 124} = 2.08$ ,  $P = 0.128$ ), ya que ningún grupo mostró diferencias significativas entre sí (Newman-Keuls) (bosque mixto vs. bosque oyamel,  $P = 0.933$ ; bosque mixto vs. bosque de pino,  $P = 0.117$ ; bosque de pino vs. bosque de oyamel,  $P = 0.258$ ). Correspondientemente, las gráficas de rango de especies / abundancia exhiben un patrón aproximadamente similar en la distribución de especies, en donde se observan pocas especies abundantes, una mayoría con abundancias intermedias y un grupo pequeño de especies raras (Figura 6). Las especies *Passer domesticus*, *Ergaticus ruber* y *Junco phaeonotus* fueron las especies más abundantes en el bosque mixto, bosque de oyamel y bosque de pino respectivamente, pero ninguna especie muestra una marcada dominancia, ya que le siguen muy de cerca otras en el número de individuos. También, se distingue, que pesar de ser muy similares y de no mostrar una marcada inclinación, las curvas tienden a incrementar sus pendientes y disminuir su equitatividad conforme aumenta la altitud, lo que permite observar que el bosque mixto es la comunidad más equitativa seguida por la de bosques de oyamel y de pino.

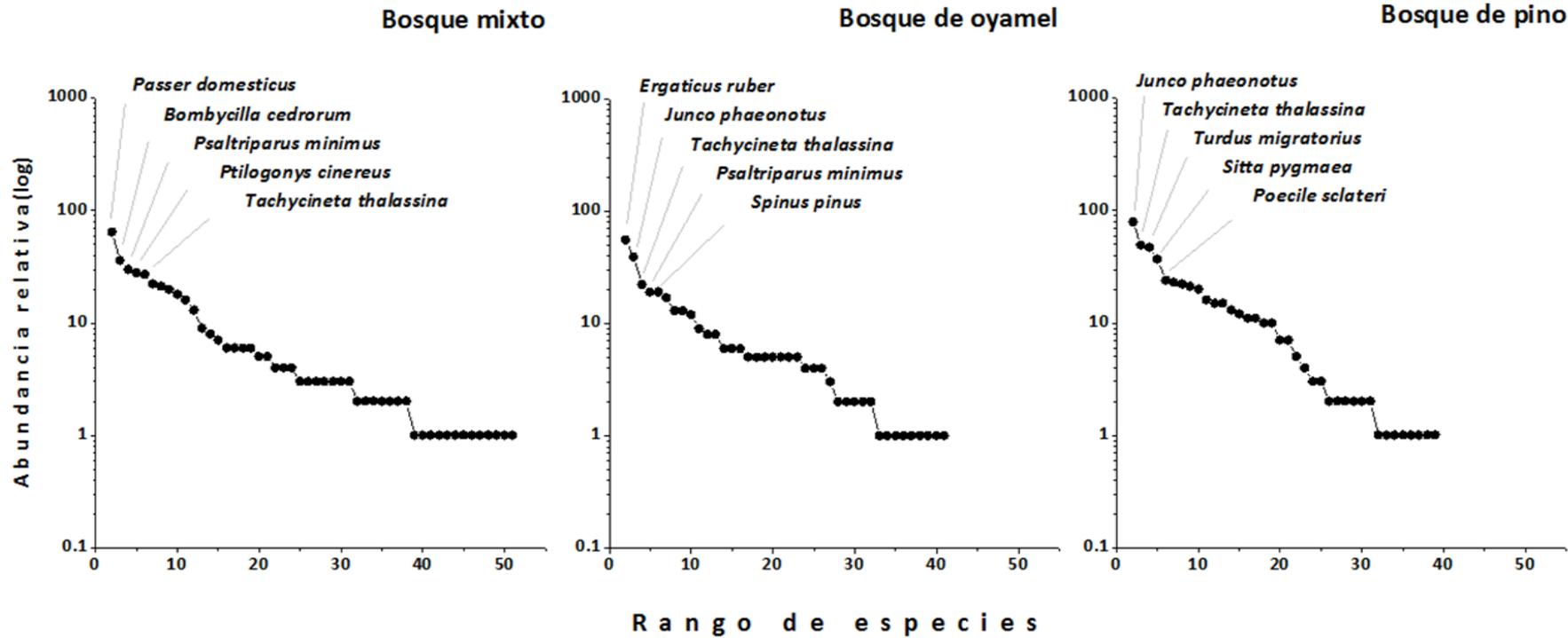


Figura 6. Curvas de rango de especies / abundancia que muestran la distribución de las abundancias relativas de las especies de aves registradas en las tres comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena.

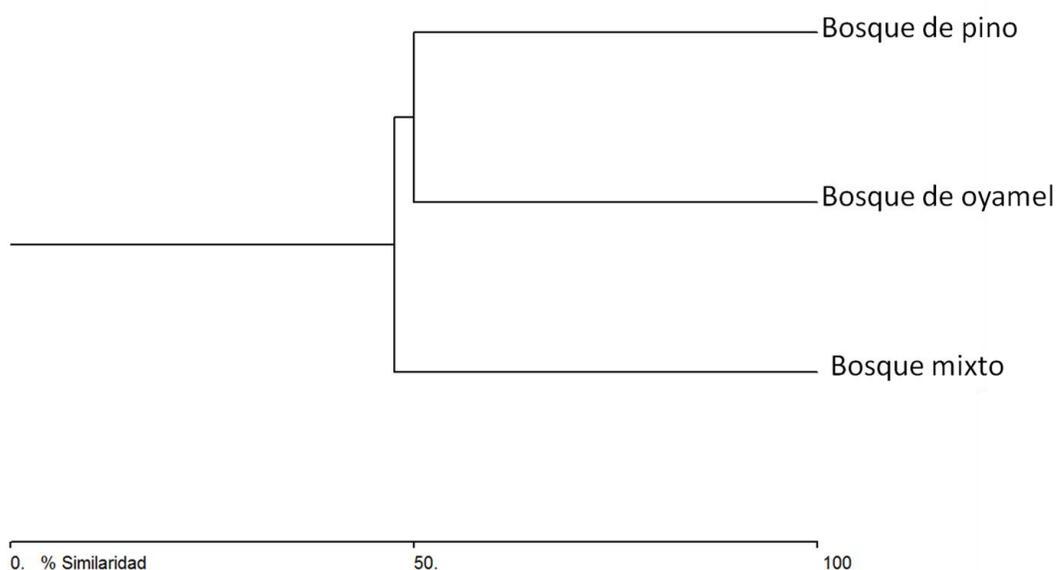
**Similitud taxonómica**

Los valores de similitud más altos se presentaron entre las comunidades vegetales contiguas, siendo la agrupación con mayor similitud taxonómica la del bosque de oyamel y el bosque de pino, seguida por la del bosque mixto y bosque de oyamel, mientras que las comunidades vegetales de la cuenca más alejadas entre sí fueron las que exhibieron la mayor disimilitud taxonómica (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Porcentaje de similitud entre las diferentes comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena.**

Hábitat	Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
Bosque mixto	1		
Bosque de oyamel	47.54	1	
Bosque de pino	39.68	50	1

El dendrograma de similitud taxonómica de aves entre hábitat muestra que se formaron dos grupos, en el primero de ellos quedó el bosque mixto y en el segundo, los dos hábitats más relacionados: el bosque de pino y el bosque de oyamel (Figura 7). El hábitat con un mayor número de especies exclusivas fue el bosque mixto, seguido por los bosques de pino y oyamel con 15, 6 y 4 especies respectivamente.



**Figura 7. Dendrograma de similitud taxonómica construido con base en el coeficiente de Jaccard.**

## 7. DISCUSIÓN

### Riqueza específica y composición taxonómica

La riqueza avifaunística registrada en la Cuenca del Río Magdalena constituye el 77.34% de las especies estimadas para el suelo de conservación contrerense (128; Puebla-Olivares 2006), el 46.92% de las registradas para la región de la montaña sur de la cuenca de México (211; Cabrera y Meléndez 1999), el 30.18% para el Distrito Federal (328; Wilson y Ceballos-Lascurain 1993) y el 9.06% de las que se reconocen en el país (1096; Dickinson 2003, Navarro-Sigüenza y Gordillo 2006).

Comparativamente, el número de especies registradas en el área de estudio (99) es superior al reportado para otras regiones cercanas a ésta, como es el caso del Pedregal de San Ángel (95; Ramos 1974), el Jardín Botánico del Instituto de Biología y viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez de la UNAM (79; Díaz 2008) y la región suroeste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (58; Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009), pero también es inferior de acuerdo a lo reportado para el Ajusco medio (108; Cabrera 1995) y entre el Ajusco Medio y Pedregal de San Ángel (134; Arenas 2004).

Algunos registros interesantes en el área de estudio incluyen el de *Pipilo ocai*, una especie residente y endémica para el país, que no es reportada por Howell y Webb (1995) y Wilson y Ceballos-Lascurain (1993) en el Distrito Federal, sin embargo, los estudios realizados por Cabrera y Meléndez (1999) así como Puebla-Olivares (2006) reportan su presencia en el suelo de conservación al sur del Distrito Federal, aunque estos registros pueden ser únicamente ocasionales. Asimismo, *Dendroica tigrina* es una especie migratoria de invierno cuyo registro en el área de estudio es interesante ya que está fuera de su área de distribución habitual, lo cual consideramos como un registro accidental debido a que fue observada sólo una vez en el bosque mixto del “Primer Dinamo” en el mes de febrero de 2007; ésta especie tiene un área de distribución invernal en la costa de Quintana Roo, Centroamérica y las Islas del Caribe, con algunos avistamientos fuera de su área de distribución habitual a través de la República Mexicana; el registro más cercano al Distrito Federal, corresponde al Este del estado de Puebla (Howell y Webb 1995).

Es importante mencionar que las 16 especies con alguna categoría de endemismo representan en conjunto el 16.2% del total de las especies registradas en la CRM, el 12.8% de las especies endémicas a México (125 especies en total, según Escalante *et al.* 1998 y Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008) y el 1.5% de las especies totales reconocidas en el territorio mexicano (1096 especies; Navarro-Sigüenza y Gordillo 2006). Cabe resaltar, que en el presente trabajo se registraron ocho especies endémicas, una más de lo reportado en el Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del Río Magdalena (2008).

Por otra parte, el área de estudio contiene especies que son consideradas de importancia comercial (INE 1997), sin embargo, en la Cuenca del Río Magdalena están prohibidas las actividades de cacería o comercialización tales como captura, cría y encierro de especies de aves silvestres (la captura sólo se permite con fines de investigación, reproducción, propagación, reintroducción y restauración; PGOEDF 2000-2003, LADF 2000), pese a ello, la falta de vigilancia y de control en el lugar favorece la extracción de distintas especies (PMMIASCRMDf 2008), y como resultado, en la Zona Protectora Forestal “Los Bosques de la Cañada de Contreras” a la altura del “Segundo Dinamo” se pudo observar la captura y encierro de aves silvestres como el Picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*) y el Clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*), situación que puede amenazar su existencia en la zona.

Todo lo anterior, demuestra que la Cuenca del Río Magdalena representa aún una importante región para el mantenimiento de un gran número de especies de aves residentes y migratorias así como de aquellas que hacen uso del hábitat como parte de su ruta migratoria. La elevada riqueza de especies en el área de estudio, se debe a que la región forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana, la cual es particularmente rica en diversidad de especies y es un centro importante de endemismos (PMMIASCRMDf 2008); también se debe a que la topografía escarpada de la cuenca, dificulta las actividades de explotación forestal y el establecimiento de asentamientos irregulares, permitiendo que la cañada presente una de las coberturas vegetales mejor conservadas del suelo de conservación del Distrito Federal (PMMIASCRMDf 2008), reflejo de ello, son los registros de especies con requerimientos de hábitats conservados como *Dendrortyx macroura*, *Cinclus mexicanus* y *Melanerpes formicivorus*. Estas características en conjunto proveen de una gran diversidad de nichos

ecológicos para las aves, oportunidades de forrajeo, variedad de alimentos, refugio ante depredadores y agentes climáticos, sustrato para la nidificación y otras condiciones disponibles para su éxito reproductivo (Lazo *et al.* 1990, Shiu y Lee 2003). Sin embargo, existen actividades económicas, turísticas y religiosas no reguladas y/o ilegales que impactan el equilibrio ambiental y biológico de la zona de estudio, las cuales se desarrollan más intensamente del primero al Cuarto Dinamo (entre los bosques mixto y de oyamel), disminuyendo paulatinamente del Cuarto Dinamo hacia el nacimiento del río en el valle de Cieneguillas (entre los bosques de oyamel y de pino) (PMMIASCR MDF 2008). En este sentido, se reconoce que el bosque mixto constituye el hábitat más expuesto a los agentes causales de deterioro y, al mismo tiempo, es el que registra el mayor número de especies de aves de importancia biológica y económica, seguido por los bosques de oyamel y de pino. De continuar las tendencias de deterioro en la zona se podría afectar negativamente la dinámica y distribución de las aves en esta área, por lo que resulta necesario continuar con el monitoreo de la ornitofauna de esta región, con el fin de documentar dichos cambios.

La conservación de la avifauna y la vida silvestre en la Cuenca del Río Magdalena solo podrá conseguirse manteniendo tanto el hábitat de las especies como los procesos ecológicos del ambiente y realizando actividades para el fomento de una actitud participativa en la población, además del desarrollo de habilidades individuales que son facilitadas por la educación ambiental.

Es importante reconocer que las aves presentes en la Cuenca del Río Magdalena constituyen un recurso ecosistémico de regulación (polinización, dispersión de semillas y control de plagas de insectos), provisión (forman parte de la trama alimenticia) y cultural (recreación). Por su avifauna y otros atributos biológicos (plantas, hongos, mamíferos, reptiles, etc.) la Cuenca del Río Magdalena es un área con un alto potencial para el desarrollo de actividades de educación ambiental. Dichas actividades asumirían el propósito de informar y sensibilizar a la gente para que tengan una conciencia clara sobre el valor e importancia de la vida silvestre y los ecosistemas que albergan, con lo que se favorece la adquisición de las habilidades prácticas y comportamientos necesarios para proteger y mejorar al ambiente (Gutiérrez 2005).

### **Representatividad de los muestreos**

Los resultados de los estimadores de representatividad de riqueza de especies mostraron que el esfuerzo de muestreo (42 días=157 horas) llevado a cabo en este trabajo registró una proporción significativa de las aves de la Cuenca del Río Magdalena. Los taxones que faltaron por registrar de acuerdo a los resultados de los estimadores de riqueza de especies, pueden ser especies localmente raras, accidentales, migratorias o especies que se registraron en trabajos previos y que en el presente estudio no se observaron (Apéndice 3). Si se desea hacer un esfuerzo adicional para registrar el 95% de las especies en la zona, se deberían realizar 75 días de muestreo extra. Sin embargo, considerando que el balance entre los costos (esfuerzo adicional en tiempo y dinero) y las ganancias (número de especies nuevas) sería cada vez menos favorable (Jiménez-Valverde y Hortal 2003), se recomienda, además de los muestreos sistemáticos (puntos de conteo y recorridos aleatorios) realizar búsquedas específicas de los taxones omnipresentes que faltaron por registrar (familias Strigidae, Apodidae).

### **Diversidad (riqueza y abundancia)**

En cuanto a la riqueza de las comunidades de aves en la Cuenca del Río Magdalena, el patrón altitudinal de las aves observadas en este gradiente es semejante a lo reportado por Navarro-Sigüenza (1992), en donde la riqueza de aves es menor en las zonas altas que en las bajas y medias. Es importante mencionar, que la mayoría de los estudios de riqueza de especies en gradientes altitudinales han resultado en dos patrones: disminución de la riqueza de especies con el incremento de la altura, y picos máximos de riqueza a altitudes intermedias, siendo éste último el más predominante (Castro *et al.* 2008). Rahbek (2005), demostró que el patrón altitudinal de riqueza de especies resultante depende de la escala que se esté estudiando. Así, la reducción de la longitud del gradiente altitudinal – en la que se omiten puntos de muestreo en la parte más baja – puede resultar en la disminución monótona de la riqueza de especies con el aumento de la altitud, lo que podría enmascarar el verdadero patrón subyacente. Por otro lado, incluir un gradiente altitudinal “completo” – esto es, con puntos de muestreo a través de todo el gradiente o al menos en la parte de la pendiente donde se espera que ocurran los cambios en los patrones – permite obtener patrones más marcados, donde se puede observar una máxima riqueza de especies a alturas medias (Rahbek 1995,

2005). Sin embargo, frecuentemente se complica encontrar gradientes apropiados con hábitats naturales continuos, ya que a bajas elevaciones las zonas suelen contener un mayor disturbio (Rahbek 1995).

El patrón altitudinal en el presente estudio muestra que la riqueza de especies de aves disminuye conforme aumenta la altitud y debido a que el objetivo del presente era conocer la riqueza de especies dentro de las comunidades vegetales de la Cuenca del Río Magdalena, el gradiente altitudinal comprendido (3,620 – 3,850 msnm) no incluyó alturas por debajo de los 3600 msnm, factor que pudo predisponer el patrón altitudinal de riqueza de especies en la zona de estudio. Un trabajo que muestra el patrón de riqueza de especies de las comunidades de aves por debajo de esta altitud, es el de Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009). Dicho trabajo, realizado a partir del centro en dirección suroeste del Distrito Federal, dentro de un gradiente urbano que se solapó sobre un gradiente altitudinal de los 2,240 a los 2,800 msnm aproximadamente y que incluyó tanto suelo urbano como de conservación, sugiere que la riqueza de especies de aves aumenta con la altitud conforme disminuye la intensidad de urbanización. Así, el gradiente altitudinal del trabajo de Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009), y el gradiente altitudinal del presente trabajo, podrían formar un gradiente altitudinal completo, que a pesar de contener usos de suelo urbano y de conservación con una gran variación ambiental, puede sugerir que entre ambos gradientes la riqueza máxima de especies se presenta a altitudes intermedias. Sin embargo, es necesario que más estudios futuros consideren muestreos dentro del gradiente altitudinal completo (2,240 – 3,850 msnm) – con un esfuerzo de muestreo estandarizado en cada banda altitudinal para realizar un apropiado análisis estadístico descriptivo – ya que permitirán demostrar si efectivamente existe una máxima riqueza de especies a altitudes intermedias o una monótona disminución de ésta con el aumento de la altitud.

La estructura física del hábitat es una dimensión de nicho importante para las aves al proveer diferentes recursos (Lazo *et al.* 1990). Los cambios graduales en sus características estructurales a lo largo del gradiente altitudinal podrían explicar la variación de la riqueza de especies en el presente estudio (Terborgh 1977, Navarro-Sigüenza 1992). De los componentes del hábitat, la estructura de la vegetación y en menor medida de la composición de especies de plantas, así como la alteración por disturbio antropogénico de esa misma estructura vegetacional parecen ser los principales factores

que determinan la abundancia, composición, diversidad y distribución horizontal de las comunidades de aves en la Cuenca del Río Magdalena, ya que los cambios en esta estructura tiene efectos diversos sobre dichos ensamblajes (Lazo *et al.* 1990, Navarro-Sigüenza 1992, Ugalde-Lezama *et al.* 2009).

Así la máxima riqueza avifaunística encontrada a altitudes bajas de la cuenca, podría explicarse en parte por la gran complejidad estructural de su vegetación (MacArthur *et al.* 1962), ya que posee una mezcla de varias asociaciones vegetales (Nava 2003), lo cual permitió mantener un alto número de especies residentes y migratorias al proveer una gran diversidad de nichos ecológicos (Lazo *et al.* 1990). Adicionalmente, la presencia de una zona de transición en los extremos del bosque mixto, permitió el traslape de rangos de especies provenientes de las comunidades de aves del bosque de oyamel y del suelo urbano como lo sugiere el estudio de Romdal y Rahbek (2009). Por otra parte, este resultado es similar a lo reportado por Ugalde-Lezama *et al.* (2010), quien registró una mayor riqueza de aves en un bosque mixto debido a su condición de perturbación intermedia que en un bosque de pino poco alterado. Como lo refiere Connell (1978), la máxima riqueza de especies de una comunidad se alcanza con intensidades medias de disturbio, por lo que parece que esta hipótesis también se cumple en esta zona, ya que a pesar de ser el hábitat que más especies de plantas indicativas de disturbio presenta, la perturbación aún no es lo suficientemente elevada como para causar un efecto negativo a esta comunidad de aves. De tal forma que la presencia de zonas perturbadas dentro de esta comunidad vegetal proporcionó un mosaico de microhábitats que: (1) constituye un hábitat temporal o parcial para muchas especies de aves de hábitos flexibles en la utilización de la estructura modificada del bosque (*Melanerpes formicivorus*, *Lanius ludovicianus* y *Myioborus miniatus*); (2) atrajo a ciertas aves (*Passer domesticus*, *Carpodacus mexicanus*, *Columbina inca*, *Melospiza fusca*, *Molothrus aeneus*, etc.); y (3) excluyó a otras (*Coccothraustes vespertinus*), lo anterior debido a la disponibilidad o reducción de los recursos, principalmente alimenticios (Ugalde-Lezama *et al.* 2009 y 2010).

Por otra parte, como se pudo observar, la riqueza de aves del bosque de oyamel representó una transición entre las comunidades vegetales inmediatas. En realidad, se esperaba que la mayor riqueza de especies se presentara en este hábitat, ya que es la comunidad vegetal más diversa y extensa dentro de la cuenca, pero su estructura vegetal vertical parece más homogénea que la del

bosque mixto, lo que quizá pudo condicionar la disponibilidad de recursos, mismos que fueron aprovechados por especies de aves típicas de este tipo de hábitat.

El bosque de pino fue la comunidad vegetal más homogénea de la cuenca, razón que podría explicar el registro de la menor riqueza avifaunística en el área. La reducción de nichos ecológicos por la falta de heterogeneidad vegetacional y probablemente el grado de conservación de este hábitat, provocó que se presentaran especies típicas de los bosques de mayor altitud (Cabrera 1995), como *Junco phaeonotus*, *Oriturus superciliosus*, *Sturnella magna*, *Cyanocitta stelleri*, *Poecile sclateri*, *Peucedramus taeniatus*, *Sitta carolinensis*, *Sialia sialis* y *Sialia mexicana*. Estos resultados de riqueza son semejantes a lo reportado por Ugalde-Lezama *et al.* (2010 y 2010) en bosques templados del centro de México, quienes reportan una menor riqueza de especies de aves en bosque de pino poco alterado que en un bosque mixto perturbado.

Con respecto a la abundancia de las comunidades de aves en la Cuenca del Río Magdalena, aunque los análisis estadísticos no revelaron diferencias significativas, se observa que la abundancia fue mayor en el bosque menos perturbado (bosque pino) que en los bosques con cierto grado de perturbación (bosque mixto y bosque de oyamel). Estos resultados varían de acuerdo a lo reportado por Ugalde-Lezama *et al.* (2009 y 2010), quienes registran mayor abundancia de aves en un bosque mixto con evidencias de perturbación que en un bosque de pino poco alterado. En este caso, la estructura de la vegetación y el grado de alteración del hábitat pudieron ser los factores que influyeron en cambios sutiles en la abundancia de aves (Lazo *et al.* 1990). Así, en el bosque de pino la mayor abundancia de aves se puede asociar al buen estado de conservación de su vegetación, que a pesar de ser la comunidad vegetal más homogénea de la cuenca (Nava 2003), permite ofrecer una gran cantidad de recursos para mantener un mayor número de individuos de aquellas especies propias de este tipo de hábitats (p. ej. *Junco phaeonotus*). El bosque mixto con la mayor complejidad estructural de su vegetación, aunada a un cierto grado de perturbación que produjo un mosaico de microhábitats, ofrece a las aves una mayor variedad de recursos, lo cual permitió un aceptable número de individuos de una gran cantidad de especies. El bosque de oyamel presentó la menor abundancia debido a que la estructura de su vegetación es también una de las más homogéneas en la cuenca disminuyendo la variedad de los recursos. Es importante mencionar, que las mediciones de

abundancia de aves podrían estar sobreestimadas, ya que posterior a los 10 minutos de muestreo en cada punto de conteo, la probabilidad de contar el mismo individuo en varias ocasiones es muy alta.

### **Estructura**

En general, las comunidades de aves en la Cuenca del Río Magdalena mostraron ser equitativas. Este resultado es similar a lo reportado en otros bosques templados de México (Ugalde-Lezama *et al.* 2009 y 2010, MacGregor-Fors *et al.* 2008), y es contrastante en estudio realizados en sistemas urbanos, ya que la equitatividad se ve reducida debido al reemplazo del hábitat original (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009, MacGregor-Fors *et al.* 2008).

Aunque la estructura de las comunidades de aves de la Cuenca del Río Magdalena no mostró diferencias estadísticas significativas, el comportamiento de las gráficas de rango de especies / abundancia muestra que las curvas tienden a incrementar sus pendientes y disminuir su equitatividad conforme aumenta la altitud. Este resultado ofrece una visión sobre la distribución de los recursos y las condiciones ofrecidas a las aves en cada una de las comunidades vegetales (Magurran 2004), lo que sugiere que el bosque mixto ofrece un espectro más amplio de recursos disponibles. Esto parece ser resultado en general de la reducción de la complejidad de la estructura vegetal, la reducción del grado de alteración del hábitat y la disminución de la variedad de recursos a lo largo del gradiente altitudinal.

Así, la distribución de abundancias de aves del bosque mixto se asemeja a una distribución lognormal; este tipo de distribución ocurre en comunidades en equilibrio, que se debe a la presencia de un considerable número de especies en la comunidad y en las que sus abundancias dependen de múltiples factores operando de manera independiente (Magurran 1988). Entre los factores que pueden explicar la estructura de la comunidad de aves en el bosque mixto se encuentran: la heterogeneidad ambiental, la productividad del ambiente, la cercanía a fuentes de colonizadores y a cierto grado de alteración del hábitat; la combinación de estos factores lleva a un incremento en la cantidad de recursos disponibles para las aves.

Por otro parte, las gráficas de rango de especies / abundancia de los bosques de oyamel y de pino, muestran una pendiente acentuada al inicio de la curva que incluye pocas especies abundantes; este primer segmento de la curva es similar a una distribución logarítmica, que ocurre cuando pocos factores dominan la ecología de tales poblaciones (Magurran 1988). El segundo segmento de la curva, muestra una pendiente más suave que indica que hay un reparto más equilibrado de los recursos disponibles (Magurran 1988). El comportamiento de estas curvas podría explicarse por el hecho de que estos dos hábitats contienen a las comunidades vegetales más homogéneas de la cuenca, lo que reduce la variedad de recursos y por otro lado a que son los hábitats más conservados por lo que los recursos que ofrecen son abundantes y son aprovechados por unas pocas especies.

### **Similitud taxonómica**

La alta similitud de especies entre las comunidades de aves del bosque de oyamel y el bosque de pino y en menor proporción del bosque mixto y bosque de oyamel, puede ser resultado de la proximidad geográfica entre estos ambientes y por consiguiente a cambios graduales en la estructura física del hábitat (Koleff 2005), lo que favorece una distribución homogénea de las aves entre ellos. La disimilitud taxonómica entre el bosque mixto y el bosque de pino se debe a que estos hábitats no se encuentran directamente conectados dentro de la cuenca y a que presentan cambios en la estructura y composición de la vegetación y los recursos ofrecidos por esta, afectando la distribución de las especies de aves.

## 8. CONCLUSIONES

El presente inventario contribuye a la descripción básica de la avifauna de la Cuenca del Río Magdalena que se pretende sirva como herramienta para futuras investigaciones.

La zona de estudio registró un total de 99 especies de aves, constituyendo el 9.06% de las especies totales reconocidas para México, por lo que esta zona representa una importante región para el mantenimiento de esta riqueza avifaunística.

De las 99 especies de aves que integran el listado, 79 son residentes, 18 migratorias, una transitoria (*Contopus cooperi*) y una accidental (*Dendroica tigrina*). Las familias mejor representadas a nivel de especie fueron: Parulidae, Emberizidae, Turdidae y Trochilidae.

Del total de especies de aves registradas en la zona de estudio, se encontró que ocho son endémicas, tres cuasiendémicas y cinco semiendémicas, representando en conjunto el 12.8% de las especies endémicas de México.

La riqueza y equitatividad de las comunidades de aves disminuyó linealmente con la altura. Así, entre los tipos de vegetación considerados en este estudio, el bosque mixto fue el que presentó la mayor riqueza y equitatividad, seguido por el bosque de oyamel y el bosque de pino, lo anterior parece estar asociado a la disminución de la complejidad de la estructura vegetal, la disminución de la alteración del hábitat y la disminución de la variedad de recursos para las aves a lo largo del gradiente altitudinal.

No se presentaron diferencias significativas en la abundancia de aves en los distintos hábitats. La estructura de la vegetación y el grado de alteración del hábitat pudieron ser los factores que influyeron en cambios sutiles en la variación de la abundancia de aves, siendo el bosque de pino el que mayor número de individuos registró por muestra, seguido por el bosque mixto y el bosque de oyamel.

La proximidad geográfica entre ambientes y la estructura y composición de la vegetación, fueron los factores que determinaron la semejanza de especies de aves entre hábitats, encontrándose más

similitud de especies entre los bosques cercanos entre sí (bosque de oyamel y bosque de pino; bosque mixto y bosque de oyamel) que entre los bosques más alejadas entre sí (bosque mixto y bosque de pino).

Para complementar el listado de especies, se recomienda realizar búsquedas específicas de los taxones omnipresentes que faltaron por registrar (familias Strigidae, Apodidae).

Se considera importante continuar con el monitoreo de las especies con el fin de documentar cambios en la dinámica y distribución de la aves en esta región.

Con el fin de informar y sensibilizar a la gente para que tengan una conciencia clara sobre el valor e importancia de la avifauna y en general de la vida silvestre y los ecosistemas que alberga la Cuenca del Río Magdalena, es necesario desarrollar actividades de educación ambiental, las cuales permitirían a la gente adquirir las habilidades prácticas y comportamientos necesarios para proteger y mejorar el ambiente.

En investigaciones futuras, puede ser importante: (1) evaluar la distribución vertical (preferencia de uso de estratos) de las aves; (2) determinar los gremios de alimentación con el fin de conocer la clase de recursos que explotan las aves; y (3) evaluar la diversidad (riqueza y abundancia) de las aves a lo largo del año.

Con respecto al método de muestreo de puntos de conteo, en estudios futuros, se recomienda: (1) establecer un mismo esfuerzo de muestreo por hábitat al inicio del estudio, con el fin de aprovechar todos los datos y realizar comparaciones estadísticas entre tratamientos; (2) realizar muestreos en los horarios de máxima actividad de las aves (entre las 7 y las 11 am), con el fin de obtener muestras representativas; y (3) establecer un periodo de observación máximo de 10 minutos en cada punto de conteo, con el fin de reducir la probabilidad de contar a los mismos individuos.

## 9. LITERATURA CITADA

- Almeida-Leñero, L., M. Nava, A. Ramos, M. Espinosa, M. J. Ordoñez y J. Jujnovsky. 2007. Servicios ecosistémicos en la Cuenca del Río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta ecológica* 84-85: 53-64.
- Álvarez, K. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de Los dinamos, área de conservación ecológica de la Delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 127 pp.
- American Ornithologists' Union. 1998. The A.O.U. Check-List of North American Birds. Seventh Edition. American Ornithologists' Union, Washington, D.C. 829 pp.
- American Ornithologists' Union. 2000. Forty-second supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *Auk* 117: 847–858.
- Arenas, S. 2004. Distribución y fenología de la avifauna del Ajusco medio y del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal México. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 84 pp.
- Arizmendi, M., A. Espinosa y F. Ornelas. 1994. Las Aves del Pedregal de San Ángel. Pp. 239-260. En: Rojo, A (Ed.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel": Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ávila, A. V. 2002. La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 86 pp.
- Ávila, A. V. 2004. Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena: diagnóstico hacia la restauración ecológica. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 112 pp.
- Baena, M. L., G. Halffter, A. Lira-Noriega y J. Soberón. 2008. Extinción de especies. Pp. 263-282. En: CONABIO (Ed.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Banks, R. C., C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2002. Forty-third supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 119: 897–906.

- Banks, R. C., C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2003. Forty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 120: 923–931.
- Banks, R. C., C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2004. Forty-fifth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 121: 985–995.
- Banks, R. C., C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2005. Forty-sixth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 122: 1026–1031.
- Banks, R. C., C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2006. Forty-seventh supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 123: 926–936.
- Banks, R. C., R. T. Chesser, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising y D. F. Stotz. 2007. Forty-eighth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 124: 1109–1115.
- Banks, R. C., R. T. Chesser, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2008. Forty-ninth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 125: 758–768.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess y D. A. Hill. 1992. *Bird census techniques*. Academic Press, Londres. 303 pp.
- Cabrera, G. L. 1995. *Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco medio, Distrito Federal*. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 111 pp.
- Cabrera, G. L. y A. Meléndez. 1999. Las aves de la región de la montaña sur de la Cuenca de México. Pp. 111-139. En: A. Velásquez y F. J. Romero (Eds.) *Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la Cuenca de México: Bases para el Ordenamiento Ecológico*. UAM-X-SEMARNAP. México, D.F.
- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (Eds.). 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2a Edición, Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 pp.

- Castillo, R. M. 2003. Procesos exógenos en la Delegación la Magdalena Contreras, Ciudad de México. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 108 pp.
- Castro, D. S., C. Vergara y C. Arellano. 2008. Distribución de la riqueza, composición taxonómica y grupos funcionales de hormigas del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal, en el refugio de vida silvestre Laquipampa, Lambayeque-Perú. *Ecología Aplicada* 7: 89-103.
- Ceballos, G., M. Arizmendi y L. Márquez-Valdelamar. 2000. La diversidad y Conservación de las Aves en México. Pp. 23-68 En: Ceballos, G. y L. Márquez Valdelamar (Eds.). *Las aves de México en peligro de extinción*. UNAM-CONABIO. México, D.F.
- Cervantes, J. F. 1969. Algunas consideraciones geomorfológicas de la Cuenca del Río de la Magdalena. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 2: 89-107.
- Cervantes, B. J. y G. Alfaro. 2000. Suelos de la cuenca de México. Pp. 47-53. En: Garza, G. (Ed.). *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*. México: El Colegio de México, Gobierno del Distrito Federal. México, D.F.
- Chesser, R. T., R. C. Banks, F. K. Barker, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2009. Fiftieth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 126: 705–714.
- Chesser, R. T., R. C. Banks, F. K. Barker, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2010. Fifty-first supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 127: 726-744.
- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 7.5. <http://www.purl.oclc.org/estimates>
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science Wash* 199: 1302-1310.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 2009. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II y III*. <http://www.cites.org/>
- Díaz, S C. 2008. Distribución espacio-temporal de la avifauna en la zona árida y zona templada del Jardín Botánico del Instituto de Biología y los viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, UNAM, México, D.F. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 87 pp.

- Dickinson, E. C. (Ed). 2003. The Howard and Moore Complete Checklist of the Birds of the World, Revised and enlarged 3rd Edition. Christopher Helm, Londres. 1040 pp.
- Dirzo R. y P. H. Raven. 1994. Un inventario biológico para México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 55: 29-34.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). 1999. Software ArcView 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., EUA.
- Escalante, P., A. G. Navarro-Sigüenza y A. Townsend. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. Pp. 279-304. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.). Diversidad Biológica de México. Orígenes y distribución. IB-UNAM, México, D.F.
- Escalante, T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero. 2007. Biogeografía y conservación de los mamíferos de la Faja Volcánica Transmexicana. Pp. 485-502. En: Luna, V. I., J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Espinosa, D. y S. Ocegueda. 2007. Introducción. Pp. 5-6. En: Luna, V. I., J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Espinosa, D., S. Ocegueda, C. Aguilar, O. Flores, J. Llorente-Bousquets y B. Vázquez. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. Pp. 33-65. En: CONABIO (Ed.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Fernández, E. A., F. Uribe, I. Ramírez, B. Apolinar y A. Vázquez. 2002. Evaluación del avance de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos. Gaceta Ecológica 62: 56-67.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2007. Riqueza de la herpetofauna. Pp. 407-420. En: Luna, V. I., J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

- Garza, G. 2000. Delegación La Magdalena Contreras. Pp. 596-600. En: Garza, G. (Ed.). La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. México: El Colegio de México, Gobierno del Distrito Federal. México, D.F.
- Gómez de Silva, H. y R. A. Medellín. 2002. Are land bird assemblages functionally saturated? An empirical test in Mexico. *Oikos* 96: 169-181.
- González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). Conservación de Aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Foundation y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Gotelli, N. J., Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379–391.
- Gutiérrez, J. I. 2005. Avifauna acuática del ex Lago de Texcoco: Un programa de interpretación ambiental. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 87 pp.
- Halfpeter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T–Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, vol. 2. Zaragoza, España. 86 pp.
- Howell, S. N. G y S. Webb. 1995. A guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Nueva York, EUA. 851 pp.
- Hutto, R. L., S. M. Pletschet, y P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk* 103: 593-602.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1997. Guía de Aves Canoras y de Ornato. Instituto Nacional de Ecología – Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. 180 pp.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2010. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Red List of Threatened Species. Version 2010.1. <http://www.iucnredlist.org/>
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.

- Jujnovsky, J. 2006. Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la Cuenca del Río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 70 pp.
- Kaufman, K. 2005. Field Guide to Birds of North America. Houghton Mifflin. Company, EUA. 392 pp.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. Pp. 19-35. En: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (Eds.). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México - Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, España–Grupo Diversitas, México–Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. Zaragoza, España.
- Lazo, I., J. Anabalón y A. Segura. 1990. Perturbación humana del matorral y su efecto sobre un ensamblaje de aves nidificantes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 293-297.
- Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (LDUDF). 1996. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 26 enero de 1996. 104 pp.
- Ley Ambiental del Distrito Federal (LADF). 2000. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 13 de enero de 2000. 117 pp.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. Pp. 283-322. En: CONABIO (Ed.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- MacArthur, R. H., J. W. MacArthur y J. Preer. 1962. On bird species diversity II. Prediction of bird census from habitat measurements. *The American Naturalist* 96: 167-174.
- MacGregor-Fors, I., Morales-Pérez, L. y Schondube, J.E. 2008. From forests to cities: Effects of urbanization on subtropical mountain bird communities. *Studies in Avian Biology*. <http://macgregor-fors.blogspot.com/>
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Nueva Jersey, EUA. 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford, RU. 256 pp.
- Mazari-Hiriart, M., L.A. Bojórquez-Tapia, A. Noyola-Robles y S. Díaz Mondragón. 2000. Recarga, calidad y reúso del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Pp: 137-165. En:

- Mazari-Hiriart, M. (Ed.). Dualidad Población-Agua. Inicio del Tercer Milenio. El Colegio Nacional. México.
- McAleece, N., P. J. D. Lamshead and G. L. J. Paterson. 1997. Biodiversity Professional. Version 2.0. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science. Londres, RU.
- Microcal. 1999. Microcal Origin v. 6.0. Microcal Software, Inc. Northampton, MA, EUA. <http://www.microcal.com>
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, vol. 1. Zaragoza, España. 82 pp.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 76: 207-252.
- Nava, M. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México: un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 64 pp.
- Navarro-Sigüenza, A. G. 1992. Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. Condor 94: 29-39.
- Navarro-Sigüenza, A. G. y L. A. Sánchez-González. 2003. La diversidad de las aves. Pp. 24-85. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). Conservación de Aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Foundation, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Navarro-Sigüenza, A. G. y A. Gordillo. 2006. Catálogo de Autoridades Taxonómicas de las Aves de México. Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto CS010. México, D.F. 38 pp.
- Navarro-Sigüenza, A. G., A. Lira-Noriega, A. T. Peterson, A. Oliveras de Ita y A. Gordillo-Martínez. 2007. Diversidad, endemismo y conservación de las aves. Pp. 461-483. En: Luna, V. I., J.J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

- Ontiveros, A. 1980. Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la Cuenca del Río Magdalena. Tesis Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 103 pp.
- Ortega-Álvarez, R. y MacGregor-Fors, I. 2009. Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning* 90: 189-195.
- Péfaur, J. E. 1995. Metodología de un análisis faunístico integral en el estudio de una cuenca hidrográfica. *Revista Ecológica Latino Americana* 2: 59-67.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1998. *Aves de México*. Editorial Diana. México, D.F. 473 pp.
- Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del Río Magdalena del Distrito Federal (PMMIASCR MDF). 2008. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM. 90 pp.
- Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (PGDUDF). 2003. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 31 de diciembre de 2003. 176 pp.
- Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal 2000-2003 (PGOEDF). Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Medio Ambiente. Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Dirección Ejecutiva de Ordenamiento Ecológico. 133 pp.
- Puebla-Olivares, F. y E. M. Figueroa. No publicado. Guía de las aves del suelo de conservación contrerense. Proyecto de Investigación: Censo de Biodiversidad del Suelo de Conservación Contrerense. Convenio entre Facultad de Ciencias, UNAM y Delegación Magdalena Contreras, México, D.F. 73 pp.
- Puebla-Olivares, F. 2006. Informe Final de Aves. Pp. 43-52. En: Nájera J., M. Trujano, H. Olguín, A. Mendoza, F. Puebla-Olivares y U. García. Censo de Biodiversidad del Suelo de Conservación Contrerense. Convenio entre la Facultad de Ciencias, UNAM y la Delegación de la Magdalena Contreras, México, D. F.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?. *Ecography* 18: 200-205.
- Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large – scale species – richness patterns. *Ecology Letters* 8: 224-239.

- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante y B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany, CA, EUA. 44 pp.
- Ramos, M. 1974. Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 108 pp.
- Ridgely, R. S., T. F. Allnutt, T. Brooks, D. K. McNicol, D. W. Mehlman, B. E. Young, y J. R. Zook. 2007. Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere, version 3.0. NatureServe, Arlington, Virginia, EUA. <http://www.natureserve.org/getData/birdMaps.jsp>
- Romdal, T. S. y C. Rahbek. 2009. Elevational zonation of afro-tropical forest bird communities along a homogeneous forest gradient. *Journal of Biogeography* 36: 327-336.
- Romero, F. J. y A. Velázquez. 1999. La región de montaña del sur de la Cuenca de México: una revisión de su importancia biológica. Pp. 39-48. En: A. Velásquez y F. J. Romero (Eds.) Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la Cuenca de México: Bases para el Ordenamiento Ecológico. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Sánchez-González A., L. López Mata y H. Vibrans. 2006. Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tláloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 33-44.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 100 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010. 77 pp.
- Shiu, H. J. and P. F. Lee. 2003. Seasonal variation in bird species richness along elevational gradients in Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 14: 1-21.

- Sibley, D. A. 2001. *The Sibley Guide to Birds*. Alfred A. Knopf, Nueva York, EUA. 545 pp.
- Soberón, J. y J. J. Llorente-Bousquets. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7: 480-488.
- StatSoft Inc. 2010. STATISTICA (data analysis software system), version 9. Tulsa. <http://www.statsoft.com/>
- StatPlus. 2007. StatPlus Professional version 5.1.2. AnalystSoft Inc. EUA.
- Synergy Software. 2007. Kaleidagraph v. 4.0.3 Corporate Edition. Reading, PA. EUA. <http://www.kaleidagraph.com/>
- Terborgh J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58: 1007-1019.
- Ugalde-Lezama, S., J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. L. Alcántara-Carbajal y J. Velázquez-Mendoza. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques* 15: 5- 26.
- Ugalde-Lezama, S., J. L. Alcántara-Carbajal, J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. Velázquez-Mendoza y L. A. Tarángo-Arámbula. 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia* 44: 159- 169.
- Van Perlo, B. 2006. *Birds of Mexico and Central America*. Princeton University Press, Nueva Jersey, EUA. 336 pp.
- Wilson, R. G. y H. Ceballos-Lascurain. 1993. *The birds of Mexico City*. BBC. Printing and Graphics, Ltd., Burlington, Ontario, Canada. 99 pp.
- Xeno-canto Foundation. 2010. Xeno-canto: sharing birds songs from around the world. The University of Chicago, EUA. <http://www.xeno-canto.org/>

## 10. APÉNDICES

Apéndice 1. Ubicación geográfica, número de identificación y nombre de los sitios de muestreo de aves en cada tipo de vegetación.

Hábitat	Sitio	NOMBRE	Coordenadas UTM		Altitud (m)
			Longitud (X)	Latitud (Y)	
Bosque mixto	1	Primer Dínamo	473676	2133693	2560
	2	Buenvista	473248	2133509	2584
	3	Riachuelo	473103	2133563	2636
	4	Sendero entre 1er. y 2do. Dínamo	472810	2133251	2619
	5	Tocón del árbol	472410	2132734	2642
	6	Sendero de bosque mixto	472253	2132859	2701
	7	Planta potabilizadora	472146	2132638	2651
	8	Comarca (bosque mixto)	472013	2132462	2680
	9	Viveros	471494	2132282	2729
	10	Segundo Dínamo	471346	2132137	2709
	11	Tirolesa	473463	2133766	2569
	12	Pastizal	472673	2133103	2616
Bosque de oyamel	13	Entre los cerros Cruz de Coloxtitla y Temamatla	467530	2129845	3450
	14	Cuarto Dínamo	469118	2130122	3070
	15	Xalancocotla 2	468760	2129936	3182
	16	Desviación hacia el río Magdalena	468562	2129643	3220
	17	Sendero a un costado del río Magdalena	468760	2129695	3185
	18	Xalancocotla 1	468718	2130128	3190
	19	Sendero hacia Cerro Xometla	468518	2130045	3210
	20	Escaleras por la carretera hacia el truchero	469464	2130351	3082
	21	Sendero río arriba hacia el truchero 1	469250	2130021	3082
	22	Sendero río arriba hacia el truchero 2	469098	2129787	3126
	23	Sendero río arriba hacia el truchero 3	468922	2129435	3215
	24	Túnel al pie del Cerro Tarumba	469072	2129588	3220
	25	Puente hacia el truchero	468918	2129257	3224
	26	Entre Puente y Truchero	468695	2129461	3242
	27	Truchero	468375	2129355	3230

Hábitat	Sitio	NOMBRE	Coordenadas UTM		Altitud (m)
			Longitud (X)	Latitud (Y)	
	28	Frente a El Campanario	467020	2129253	3331
	29	Brecha a la Coconetla 1	469454	2130614	3092
	30	Brecha a la Coconetla 2	469566	2131036	3155
	31	Brecha río abajo	469740	2131151	3130
	32	Arroyo Pericos	468719	2130595	3277
	33	Camino hacia el Parque Ecoturístico 1	469931	2130230	3079
	34	Camino hacia el Parque Ecoturístico 2	470108	2130206	3068
	35	Zacatón	470504	2130825	3060
	36	Centro de educación ambiental	470669	2131687	3246
	37	Aila 1	468235	2129244	3240
	38	Aila 2	468237	2129046	3282
	39	Acopilco	470575	2130445	3075
Bosque de pino	40	Arroyo Cieneguilla	466854	2128934	3360
	41	Entre A. Cieneguilla y A. Cuaxuyac 1	466822	2128678	3370
	42	Arroyo Cuaxuyac	466766	2128533	3391
	43	Cañada de cuervos 1	466645	2128251	3406
	44	Cañada de cuervos 2	466514	2128012	3130
	45	Cañada de cuervos 3	466830	2128013	3450
	46	Entre A. Cieneguilla y A. Cuaxuyac 2	466714	2128625	3390
	47	Cañada de cuervos 4	466999	2128158	3486
	48	Cieneguillas 1	464898	2128422	3561
	49	Presa 2	466437	2127784	3434
	50	Cieneguillas 2	464811	2128238	3556
	51	Cieneguillas 3	464830	2128562	3565

Apéndice 2. Lista de especies observadas en la Cuenca del Río Magdalena, así como en cada hábitat, con datos de estacionalidad, estado de conservación, categorías de endemismo e importancia económica.

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<b>Galliformes</b>														
<b>Odontophoridae</b>														
<i>Dendrortyx macroura</i>	1				A			1			1			
<b>Accipitriformes</b>														
<b>Cathartidae</b>														
<i>Cathartes aura</i>	1												1	
<b>Accipitridae</b>														
<i>Circus cyaneus</i>		1					Ap. II					1		
<i>Accipiter striatus</i>	1				Pr		Ap. II				1			
<i>Buteo jamaicensis</i>	1						Ap. II					1	1	
<b>Falconiformes</b>														
<b>Falconidae</b>														
<i>Falco sparverius</i>		1					Ap. II				1	1		
<b>Columbiformes</b>														
<b>Columbidae</b>														
<i>Columba livia</i>	1										1			
<i>Columbina inca</i>	1										1			
<b>Strigiformes</b>														
<b>Tytonidae</b>														
<i>Tyto alba</i>	1						Ap. II				1			
<b>Caprimulgiformes</b>														
<b>Caprimulgidae</b>														
<i>Caprimulgus sp.</i>	1										1			

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<b>Apodiformes</b>														
<b>Trochilidae</b>														
<i>Colibri thalassinus</i>	1						Ap. II				1	1		
<i>Cyananthus latirostris</i>	1						Ap. II			1	1	1		
<i>Hylocharis leucotis</i>	1						Ap. II				1	1		
<i>Amazilia beryllina</i>	1						Ap. II				1			
<i>Lampornis clemenciae</i>	1						Ap. II			1	1	1	1	
<i>Eugenes fulgens</i>	1						Ap. II				1	1		
<i>Selasphorus platycercus</i>	1						Ap. II			1		1		
<i>Selasphorus rufus</i>		1					Ap. II					1		
<b>Trogoniformes</b>														
<b>Trogonidae</b>														
<i>Trogon mexicanus</i>	1										1	1		
<b>Piciformes</b>														
<b>Picidae</b>														
<i>Melanerpes formicivorus</i>	1										1	1		
<i>Sphyrapicus varius</i>		1										1		
<i>Picoides scalaris</i>	1										1		1	
<i>Picoides villosus</i>	1											1	1	
<i>Colaptes auratus</i>	1												1	
<b>Passeriformes</b>														
<b>Tyrannidae</b>														
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	1										1	1		
<i>Contopus cooperi</i>			1			NT						1		
<i>Contopus pertinax</i>	1										1	1	1	
<i>Contopus sordidulus</i>	1										1			

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<i>Empidonax affinis</i>	1								1			1	1	
<i>Empidonax occidentalis</i>	1									1		1		
<i>Empidonax fulvifrons</i>	1											1	1	1
<b>Laniidae</b>														
<i>Lanius ludovicianus</i>	1											1		
<b>Vireonidae</b>														
<i>Vireo huttoni</i>	1											1	1	1
<i>Vireo gilvus</i>		1											1	1
<b>Corvidae</b>														
<i>Cyanocitta stelleri</i>	1											1	1	1
<i>Aphelocoma californica</i>	1												1	
<i>Corvus corax</i>	1									1			1	
<b>Hirundinidae</b>														
<i>Tachycineta thalassina</i>	1											1	1	1
<i>Hirundo rustica</i>	1											1		
<b>Paridae</b>														
<i>Poecile sclateri</i>	1								1			1	1	1
<b>Aegithalidae</b>														
<i>Psaltriparus minimus</i>	1											1	1	1
<b>Sittidae</b>														
<i>Sitta carolinensis</i>	1											1	1	1
<i>Sitta pygmaea</i>	1												1	1
<b>Certhiidae</b>														
<i>Certhia americana</i>	1											1	1	1
<b>Troglodytidae</b>														
<i>Thryomanes bewickii</i>	1											1	1	

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<i>Troglodytes aedon</i>		1										1	1	1
<b>Poliophtilidae</b>														
<i>Poliophtila caerulea</i>		1										1	1	
<b>Cinclidae</b>														
<i>Cinclus mexicanus</i>	1				Pr							1	1	1
<b>Regulidae</b>														
<i>Regulus sátrapa</i>	1											1	1	1
<i>Regulus caléndula</i>		1										1	1	1
<b>Turdidae</b>														
<i>Sialia sialis</i>	1										1		1	1
<i>Sialia mexicana</i>	1										1			1
<i>Myadestes occidentalis</i>	1				Pr							1	1	
<i>Catharus aurantiirostris</i>	1											1		
<i>Catharus occidentalis</i>	1							1					1	1
<i>Catharus guttatus</i>		1										1	1	
<i>Turdus assimilis</i>	1											1	1	1
<i>Turdus rufopalliatus</i>	1							1		1		1	1	
<i>Turdus migratorius</i>	1											1	1	1
<b>Bombycillidae</b>														
<i>Bombycilla cedrorum</i>		1										1	1	
<b>Ptilogonatidae</b>														
<i>Ptilogonys cinereus</i>	1								1	1		1	1	1
<b>Peucedramidae</b>														
<i>Peucedramus taeniatus</i>	1											1	1	1
<b>Parulidae</b>														
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	1											1	1	1

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<i>Dendroica tigrina</i>				1							1			
<i>Dendroica coronata</i>		1									1	1	1	
<i>Dendroica townsendi</i>		1									1		1	
<i>Dendroica occidentalis</i>		1									1			
<i>Dendroica fusca</i>		1									1			
<i>Mniotilta varia</i>		1									1			
<i>Wilsonia pusilla</i>		1									1	1		
<i>Ergaticus ruber</i>	1							1			1	1	1	
<i>Myioborus miniatus</i>	1										1	1	1	
<i>Basileuterus rufifrons</i>	1									1		1		
<i>Basileuterus belli</i>	1										1	1		
<b>Emberizidae</b>														
<i>Diglossa baritula</i>	1										1			
<i>Arremon virenticeps</i>	1							1			1	1		
<i>Atlapetes pileatus</i>	1							1			1	1	1	
<i>Pipilo ocai</i>	1											1		
<i>Pipilo maculatus</i>	1										1	1		
<i>Aimophila ruficeps</i>	1									1			1	
<i>Melospiza fusca</i>	1										1	1		
<i>Oriturus superciliosus</i>	1							1			1	1	1	
<i>Spizella passerina</i>	1										1			
<i>Melospiza melodía</i>	1										1	1	1	
<i>Junco phaeonotus</i>	1										1	1	1	
<b>Cardinalidae</b>														
<i>Piranga flava</i>	1										1			
<i>Piranga rubra</i>		1								1	1			

ORDEN/Familia/Especie	Estacionalidad				Estatus de Conservación			Endemismo			Importancia económica	Comunidad vegetal		
	R	M	T	A	NOM-059	IUCN	CITES	E	CE	SE		Bosque mixto	Bosque de oyamel	Bosque de pino
<i>Piranga ludoviciana</i>		1										1		
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	1									1		1	1	1
<b>Icteridae</b>														
<i>Sturnella magna</i>	1													1
<i>Quiscalus mexicanus</i>	1									1				1
<i>Molothrus aeneus</i>	1									1		1		
<i>Icterus abeillei</i>	1							1				1		1
<b>Fringillidae</b>														
<i>Euphonia elegantissima</i>	1									1		1		
<i>Carpodacus mexicanus</i>	1									1		1		
<i>Spinus pinus</i>	1									1		1	1	1
<i>Spinus psaltria</i>	1									1		1		
<i>Coccothraustes vespertinus</i>	1												1	
<b>Passeridae</b>														
<i>Passer domesticus</i>	1									1		1		
<b>Total</b>	79	18	1	1	4	1	13	8	3	5	16	77	64	43

**Estacionalidad:** R = Residente; M = Migratoria; T = Transitoria; A = Accidental.

**Estatus de conservación:** Categoría de riesgo:

NOM-059: A = Amenazada. Especie que podría llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo de continuar los factores que inciden negativamente en su viabilidad; Pr = Protección especial. Especie que podría llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad.

IUCN: NT = Casi amenazado. Taxa que actualmente no califican en las categorías de riesgo o vulnerabilidad. Sin embargo, es probable que de no revertir las tendencias califiquen para otras categorías de amenaza.

CITES: Ap. II = Apéndice II. Especie que en la actualidad no se encuentra en peligro de extinción, pero podrían llegar a esa categoría por lo que su comercio está estrictamente regulado.

**Endemismos:** E = Endémica; CE = Cuasiendémica; SE = Semiendémica.

Apéndice 3. Lista de especies registradas por estudios previos en la Cuenca del Río Magdalena así como en las zonas circundantes a ella (suelo urbano y de conservación) dentro de la delegación Magdalena Contreras. Las especies sombreadas son las que tienen más probabilidades de ser encontradas en el área de estudio, el resto es posible que no sean observadas con regularidad.

	<b>Nombre científico</b>	<b>Autores</b>	<b>Estacionalidad</b>	<b>Abundancia</b>	
1	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Puebla-Olivares 2006	R	pc - r	
2	<i>Ardea herodias</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	
3	<i>Accipiter cooperii</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	
4	<i>Buteo lineatus</i>	Puebla-Olivares 2006	M	pc - r	
5	<i>Falco columbarius</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	**
6	<i>Zenaida asiática</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	c - f	*
7	<i>Zenaida macroura</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	c - f	
8	<i>Coccyzus americanus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc	
9	<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc	
10	<i>Bubo virginianus</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
11	<i>Glaucidium gnoma</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	**
12	<i>Aegolius acadicus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
13	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
14	<i>Chordeiles minor</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	*
15	<i>Cypseloides niger</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	
16	<i>Streptoprocne rutila</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc	
17	<i>Streptoprocne semicollaris</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
18	<i>Chaetura vauxi</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc	
19	<i>Aeronautes saxatalis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
20	<i>Calothorax lucifer</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc	
21	<i>Archilochus colubris</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	T	f - pc	
22	<i>Archilochus alexandri</i>	Puebla-Olivares 2006	T	f - pc	
23	<i>Selasphorus sasin</i>	Puebla-Olivares 2006	M	f - pc	
24	<i>Megaceryle alcyon</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	c - f	
25	<i>Picoides stricklandi</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc	
26	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	pc - r	*
27	<i>Grallaria guatemalensis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	pc - r	*
28	<i>Myiopagis viridicata</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A		
29	<i>Empidonax albigularis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc	
30	<i>Empidonax minimus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	f - pc	
31	<i>Empidonax hammondii</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	c - f	
32	<i>Empidonax wrightii</i>	Puebla-Olivares 2006	M	f - pc	
33	<i>Empidonax oberholseri</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc	
34	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	c - f	**
35	<i>Tyrannus vociferans</i>	Puebla-Olivares 2006	R	c - f	

	<b>Nombre científico</b>	<b>Autores</b>	<b>Estacionalidad</b>	<b>Abundancia</b>
36	<i>Tyrannus verticalis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc
37	<i>Vireo griseus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
38	<i>Vireo bellii</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc **
39	<i>Calocitta formosa</i>	Puebla-Olivares 2006	R	c - f
40	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	c - f
41	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	c - f
42	<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
43	<i>Salpinctes obsoletus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	c - f
44	<i>Catherpes mexicanus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	c - f
45	<i>Catharus ustulatus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc
46	<i>Ridgwayia pinicola</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
47	<i>Toxostoma longirostre</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	
48	<i>Toxostoma ocellatum</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
49	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	c - f
50	<i>Melanotis caerulescens</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	c - f
51	<i>Oreothlypis peregrina</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	**
52	<i>Oreothlypis celata</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	f - pc
53	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	c - f
54	<i>Oreothlypis virginiae</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	T	c - f
55	<i>Oreothlypis crissalis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	pc - r
56	<i>Parula americana</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	pc - r
57	<i>Dendroica petechia</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	c - f
58	<i>Dendroica pensylvanica</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	**
59	<i>Dendroica magnolia</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
60	<i>Dendroica nigrescens</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	c - f
61	<i>Dendroica virens</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	A	**
62	<i>Dendroica graciae</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	pc - r *
63	<i>Setophaga ruticilla</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc **
64	<i>Helminthos vermivorum</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
65	<i>Seiurus aurocapilla</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc
66	<i>Parkesia noveboracensis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	f - pc
67	<i>Parkesia motacilla</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	
68	<i>Oporornis tolmiei</i>	Puebla-Olivares 2006	M	f - pc
69	<i>Geothlypis nelsoni</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
70	<i>Wilsonia citrina</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
71	<i>Wilsonia canadensis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
72	<i>Cardellina rubrifrons</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	pc - r
73	<i>Myioborus pictus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	M	f - pc
74	<i>Icteria virens</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc *
75	<i>Volatinia jacarina</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	
76	<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	c - f

	<b>Nombre científico</b>	<b>Autores</b>	<b>Estacionalidad</b>	<b>Abundancia</b>
77	<i>Melospiza kieneri</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
78	<i>Spizella atrogularis</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
79	<i>Pooecetes gramineus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	c - f
80	<i>Chondestes grammacus</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
81	<i>Xenospiza baileyi</i>	Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
82	<i>Melospiza lincolni</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc
83	<i>Piranga bidentata</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	*
84	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	A	**
85	<i>Passerina cyanea</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	M	f - pc
86	<i>Passerina versicolor</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	f - pc
87	<i>Icterus cucullatus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	T	f - pc
88	<i>Icterus parisorum</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc
89	<i>Loxia curvirostra</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993; Puebla-Olivares 2006	R	pc - r
90	<i>Spinus notatus</i>	Wilson y Ceballos-Lascurain 1993	R	f - pc
91	<i>Coccothraustes abeillei</i>	Puebla-Olivares 2006	R	pc - r

**Estacionalidad:** (R) = Residente; (M) = Migratoria; (T) = Transitoria; (A) = Accidental (Howell y Webb 1995).

**Abundancia:** (c – f) = Común a frecuente; (f – pc) = Frecuente a poco común; (pc – r) = Poco común a rara (Van Perlo 2006).

(\*) = Único registro en todo el D.F.; (\*\*) = Menos de cinco registros en todo el D.F. (Wilson y Ceballos-Lascurain 1993).

 Escapadas del cautiverio (Wilson y Ceballos-Lascurain 1993).