

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA AVIFAUNA EN EL BOSQUE NUBOSO PRIMARIO
DE ALBORES, SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA**

Andrea Nájera Acevedo

Guatemala
2004

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA AVIFAUNA EN EL BOSQUE NUBOSO PRIMARIO
DE ALBORES, SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

**DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA AVIFAUNA EN EL BOSQUE NUBOSO PRIMARIO
DE ALBORES, SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA**

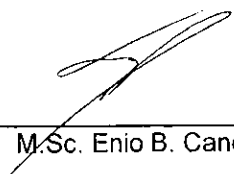
Andrea Nájera Acevedo

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

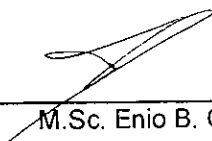
Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de
Licenciada en Biología

Guatemala
2004

Vo.Bo.:

(f) 
M.Sc. Enio B. Cano

Tribunal:

(f) 
M.Sc. Enio B. Cano

(f) 
Lic. Marco Vinicio Centeno

(f) 
Lic. Margarita Palmieri

Fecha de aprobación: 11 de mayo 2004

PREFACIO

La idea de realizar este trabajo de investigación surgió en el año 2002. En ese entonces se llevaba a cabo el proyecto de investigación interdisciplinario llamado *Valoración y manejo de la biodiversidad*, con el fin de educar a científicos alemanes en esta rama. Los proyectos de este programa se llevaban a cabo en su mayoría en distintas áreas de la Sierra Yalijux. Miembros de este programa (en especial el encargado del subprograma de Biología, que realizaba su investigación acerca de aves en el bosque nuboso), se interesaron en hacer un estudio de avifauna en la Sierra de las Minas, que pudiera ser comparado en un futuro con el realizado por ellos en la Sierra Yalijux. Fue de esta manera que surgió inicialmente el apoyo para el presente trabajo.

La Fundación Defensores de la Naturaleza, como principal administradora de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), también se mostró interesada en que se realizara este proyecto de investigación sobre las aves del bosque nuboso, y se contó entonces con su apoyo. De esta forma se empezó el trabajo en el año 2003.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se pudo llevar a cabo gracias a la valiosa colaboración de muchas personas.

Agradezco a Swen Renner por sus enseñanzas en el campo, por creer en mí desde el inicio, por su amistad y por su constante apoyo, de principio a fin, para la realización de este trabajo.

Agradezco a mis asesores. A Enio Cano, por sus constantes enseñanzas sobre todo en Ecología y Estadística. Por revisar este trabajo y por sus valiosas sugerencias y correcciones, a lo largo de la realización del mismo. A Maco Centeno agradezco por sus enseñanzas acerca de las aves. Gracias por revisar este trabajo y por sus valiosas sugerencias y apoyo para la realización del mismo.

Agradezco a César Tot, por el apoyo e interés brindado, desde un inicio, para hacer esta investigación. A la Fundación Defensores de la Naturaleza por permitirme realizar el estudio en la Sierra de las Minas, y por el apoyo valioso con el que conté por parte de ellos.

Agradezco a la Universidad de Göttingen, por el apoyo económico y de equipo, para la realización del proyecto.

Agradezco a Julio Lemus Ipiña, por su valiosísima ayuda en el campo. Por su apoyo constante todos los días de muestreo y por su dedicación al trabajo. También agradezco mucho a mis compañeros Samuel Hidalgo y María José Illescas, por su excelente ayuda en la obtención de los datos en el campo; por su apoyo aún en momentos "adversos", por su amistad, por su compañía en la montaña.

Agradezco a la Lic. Margarita Palmieri por revisar este documento, así como por sus enseñanzas. Gracias también a Genoveva Rodríguez por sus sugerencias y apoyo en especial con los resultados de este trabajo.

Agradezco a mis amigos y amigas, por su apoyo, en muchos aspectos, a lo largo de nuestra carrera.

Por último, pero no menos importante, deseo agradecer a Dios, por todo. Y a mis padres, por su apoyo incondicional siempre.

¡Muchas gracias!

CONTENIDO

PREFACIO	v
AGRADECIMIENTOS	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	
A. Descripción del área de estudio	2
B. Utilidad de caracterizar las aves	6
C. Estudios anteriores	7
III. JUSTIFICACIÓN	8
IV. OBJETIVOS	9
V. METODOLOGÍA	
A. Período de obtención de los datos	10
B. Método	10
1. Selección del sitio de muestreo	10
2. Métodos de colecta	10
C. Análisis de los datos	12
1. Modelo de abundancia de especies	12
2. Estimación de la diversidad	13
3. Similitud	15
4. Hábitos alimenticios	16
5. Avifauna y vegetación	16
D. Comparación bosques nubosos Sierra de las Minas (RBSM) - Sierra Yalijux	16
E. Implicaciones de conservación y manejo	17
VI. RESULTADOS	
A. Estructura de la avifauna	18
B. Modelo de abundancia de especies	25
C. Diversidad	26
1. Heterogeneidad	26
2. Riqueza	27
3. Equitatividad	31
D. Dominancia	32
1. Dominancia en aves capturadas	32
2. Dominancia en aves de puntos de conteo	35
E. Similitud	37
1. Similitud con datos cuantitativos	37
2. Similitud con datos cualitativos	39
F. Hábitos alimenticios	40
G. Avifauna y vegetación	43

VII. DISCUSIÓN	
A. Discusión de métodos	46
B. Discusión de resultados	47
1. Estructura y composición de la avifauna	47
2. Modelo de abundancia de especies	52
3. Diversidad	53
4. Riqueza de especies	54
5. Dominancias	55
6. Similitud entre transectos	58
7. Hábitos alimenticios	59
8. Avifauna y Vegetación	61
C. Comparación Sierra de las Minas-Sierra Yalijux	61
D. Implicaciones para la conservación	66
VIII. CONCLUSIONES	76
IX. RECOMENDACIONES	77
X. LITERATURA CITADA	78
XI. ANEXOS	
1. Ubicación del área de estudio en la RBSM	
2. Muestra de las hojas de datos utilizadas en el estudio	
3. Especies pertenecientes a cada una de las familias reportadas	
4. Cálculos de índices de diversidad (H'), equitatividad E1 y modelos de abundancia de especies	
5. Datos de vegetación de Albores por sitio	
6. Sensibilidades a la perturbación de las aves reportadas	
7. Mapa del área de endemismo aviar no. 18 y mapas de endemismo para Centroamérica de aves, reptiles y anfibios y mariposas	
8. Fotografías	

LISTA DE CUADROS

1. Especies registradas con redes de niebla	19
2. Especies registradas en puntos de conteo	19
3. Especies detectadas ocasionalmente	21
4. Individuos capturados por red en cada transecto	25
5. Especies registradas en el bosque nuboso de Albores durante el estudio	28
6. Número de especies estimadas con diferentes estimadores	30
7. Especies capturadas y categoría de dominancia a la que pertenecen	34
8. Especies detectadas en puntos de conteo y categoría de dominancia a la que pertenecen	35
9. Índice de similitud de Morisita –Horn, entre transectos	38
10. Porcentaje de disimilitud de Bray Curtis entre transectos	38
11. Índice de similitud cualitativo de Sørensen entre transectos	39
12. Especies no registradas en el presente estudio que podrían esperarse	48
13. Familias registradas y su afinidad continental	49
14. Especies más comunes con ambos tipos de muestreo	56
15. Número de especies singletes y dobletes y su proporción respecto del total	58
16. Especies más comunes capturadas en Chelelhá. Abundancias relativas comparadas con Albores	64
17. Especies con algún grado de endemismo para las tierras altas del sur de México y norte de Centroamérica	67
18. Especies reportadas que tienen algún grado de amenaza según lista roja nacional	69
19. Especies pertenecientes a las categorías de alta y mediana sensibilidad a la perturbación	71
20. Especies de Albores con características de interés para ser seleccionadas como indicadoras y probables de monitorear	72

LISTA DE GRÁFICOS

1. Número de especies representando cada una de las familias	22
2. Número de especies e individuos por transecto	23
3. Barras de error para la media de especies por transecto	23
4. Barras de error para la media de individuos por transecto	24
5. Barras de error para la biomasa media en cada transecto	24
6. Modelo de abundancia de especies para las aves capturadas	26
7. Barras de error para el índice de diversidad de Shannon-Wiener por transecto	27
8. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies para las aves capturadas	30
9. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies para las aves registradas en puntos de conteo	31
10. Dominancias relativas medias (%) de especies capturadas en redes de niebla	33
11. Abundancia relativa media de especies capturadas por transecto	34
12. Abundancia relativa media de especies registradas en puntos de conteo	37
13. Dendrograma para los transectos según dismilitud de Bray Curtis	39
14. Media de especies en cada gremio alimenticio para aves capturadas	40
15. Media de individuos en cada gremio alimenticio para aves capturadas	41
16. Media de especies en cada gremio alimenticio para aves en puntos de conteo	42
17. Media de individuos en cada gremio alimenticio para aves en puntos de conteo	42
18. Análisis de correspondencia canónica para vegetación, sitios y especies	44
19. Análisis de correspondencia sin tendencias para sitios y especies	45

LISTA DE FIGURAS

1. Ubicación de la Sierra de las Minas y otras tierras altas	2
2. Forma de colocación de la redes de niebla en el área de estudio	11
3. Metapoblaciones y distribución agrupada	51
4. Diagrama ilustrativo de la diferencia entre estructura y composición	54

RESUMEN

Se hizo un estudio de la avifauna en el bosque nuboso de Albores, en la Sierra de las Minas, durante los meses de agosto a octubre 2003. Los bosques nubosos, además de ser centros de endemismo, son altamente diversos, y muy importantes para la continuidad del ciclo hídrico. Las aves han sido utilizadas como indicadores de calidad del hábitat, lo cual puede contribuir a sugerir esfuerzos de conservación a tiempo. Esta investigación tuvo como fin documentar la diversidad, composición y estructura de la avifauna en el bosque nuboso de Albores, haciendo ciertas comparaciones con las aves de sierra Yalijux. Otro objetivo fue hacer conjeturas que sirvieran para la conservación a partir de los resultados obtenidos. Para registrar las especies presentes, los datos se obtuvieron mediante dos métodos: redes de niebla y puntos de conteo. Los resultados permitieron constatar que el bosque nuboso estudiado tiene un alto grado de endemismo, alberga varias especies amenazadas y tiene alta proporción de especies poco comunes. Se encontraron especies indicadoras de buena calidad del hábitat, como *Ergaticus versicolor*, *Penelopina nigra* y *Oreophasis derbianus* (pavo de cacho). La Sierra de las Minas y la Sierra Yalijux resultan similares en cuanto a la composición de sus comunidades aviares, y las diferencias observadas podrían deberse al diferente grado de conservación en ambos sitios. Se hizo evidente que la continuidad de la conservación del bosque nuboso de Albores y de toda la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, es de suma importancia para la conservación de la biodiversidad nacional y mundial.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques nubosos son centros de endemismo y *hot spots* de la biodiversidad (Eisermann 2000). Asimismo, se ha comprobado su importancia para la continuidad del ciclo hídrico y como atracción turística (Eisermann 2000). La Sierra de la Minas es un área con bosques nubosos donde el aislamiento geográfico y la variedad de elevaciones forman una gran diversidad de hábitats de flora y fauna que, por ser equivalentes a islas de evolución genética, son sitios de alto endemismo (Succhini 2000 en Fundación Defensores de la Naturaleza 2002).

Se ha puesto en clara evidencia la importancia de la conservación de estos bosques para mantener la biodiversidad mundial (Eisermann 2000). La necesidad de conservación de áreas como Sierra de las Minas debido a su gran importancia ecológica y biológica ha sido mostrada con de numerosos proyectos que se han realizado durante varios años (e.g. Migraciones estacionales del quetzal (Paiz 1996), «Estudio hidrológico y económico del agua» (Brown y De la Roca 1996), *Evaluación ecológica rápida* (Centro de estudios conservacionistas 1993), «La sierra de las Minas: su diversidad orquideológica» (Dix y Dix 1990)). Naturalmente, es necesario llevar a cabo investigación y monitoreo biológico que permita conocer el éxito de estos programas de conservación, y que proporcione la información necesaria para monitorear la calidad del hábitat en estos sitios tan importantes.

Las aves son utilizadas como indicadores de calidad de hábitat en muchos países. Así mismo, pueden servir como indicadores de patrones espaciales y temporales en la biodiversidad (Fuller y Carter 2000). Además de lo anterior, las aves tienen un elevado interés popular, lo cual las hace un grupo clave en términos de política y economía. Estos factores permiten que las aves sean sumamente útiles como indicadores generales de la biodiversidad (Fuller y Carter 2000).

Teniendo esto en cuenta, se llevó a cabo un estudio de la avifauna en el bosque nuboso primario de Albores, en la Reserva de la Biósfera de Sierra de las Minas (RBSM), con el fin de documentar la diversidad, composición y estructura de la comunidad de aves en el área. También se hicieron implicaciones de manejo para este bosque y algunas comparaciones con la avifauna de un bosque nuboso en la sierra Yalijux. El área de estudio forma parte del distrito Motagua (según la estructura administrativa de la Fundación Defensores de la Naturaleza [FDN]), y se encuentra en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, en El Progreso, al oriente de Guatemala.

II. ANTECEDENTES

A. Descripción del área de estudio

1. Localización. La Reserva de la Biósfera de la Sierra de las Minas está ubicada en el nororiente de Guatemala, entre los valles del río Polochic y el río Motagua. Ocupa un área aproximada de 242,642 hectáreas de extensión (5,252 caballerías) y tiene un perímetro de 277 kilómetros (FDN 2002). En un recorrido de este a oeste ocupa aproximadamente 130 Km. de longitud, y varía entre 10 y 30 Km. de ancho con elevaciones desde 7 hasta 3,015 metros sobre el nivel del mar (mSNM) (FDN 1997, 2002). La ubicación de la Sierra de las Minas, se puede ver en la figura 1:

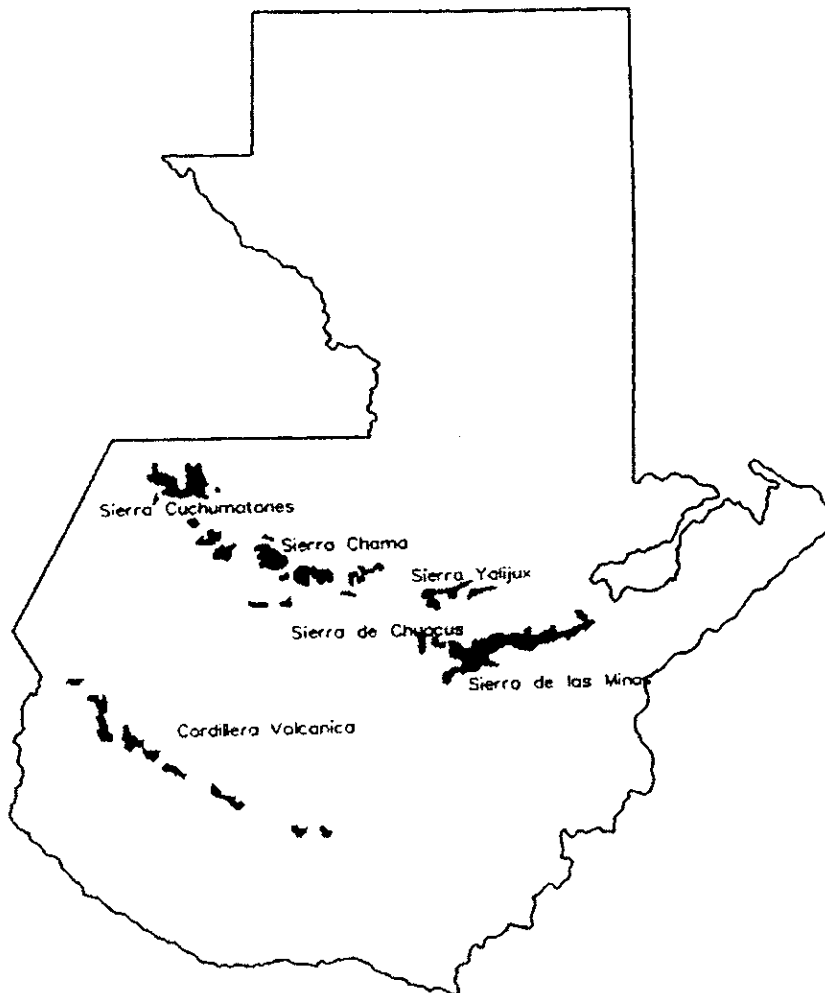


Figura 1. Ubicación de la Sierra de las Minas y otras tierras altas de Guatemala cubiertas por bosque nuboso en 1990. (Tomado de Landesbund für Vogelschutz (LVB) 1990).

El bosque nuboso de Albores forma parte del distrito Motagua de la RBSM (según la estructura administrativa de la Fundación Defensores de la Naturaleza), y se encuentra en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, en El Progreso.

El bosque nuboso de Albores (tipo A, según Centro de Estudios Conservacionistas [CECON] 1993) es parte de la zona núcleo de la reserva y se encuentra rodeado y limitado por las crestas del cerro Pinalón al sur y por las del cerro Mululhá al norte, mientras que el cerro Raxón, que representa el punto más elevado de la sierra es una barrera del lado este. Por la parte oeste, una cresta de la meseta de Albores a Chilascó podría ser la barrera limítrofe entre esta comunidad y el bosque nuboso de Purulhá a Chilascó (tipo B) (CECON 1993).

En el bosque nuboso de Albores, la elevación promedio es de 2,600 mSNM, tomando como punto de referencia la Estación Científica La Cabaña (FDN 1997), que fue centro de operaciones del proyecto. La comunidad de Albores se encuentra en la subcuenca del Río Hato y está ubicada dentro de la zona de amortiguamiento. El bosque nuboso de Albores se encuentra dentro de la zona núcleo de la reserva, y está ubicado también en la cuenca del mismo río. En el Anexo 1 puede observarse un mapa de la RBSM, con referencia a la ubicación de la estación científica "La Cabaña", en la zona núcleo.

La comunidad Los Albores está localizada en la parte sur este de la RBSM. Actualmente es habitada por aproximadamente 70 familias. Tradicionalmente, los pobladores de esta comunidad han sido agricultores que se dedican al cultivo de café, cardamomo, etc. Con el apoyo de Defensores de la Naturaleza, los pobladores han iniciado recientemente su participación en los proyectos de ecoturismo, brindando servicios a los visitantes que llegan al lugar con el objetivo de conocer el bosque nuboso de Albores (Ecotourism and Adventure specialists 2002). Uno de los objetivos principales de muchos de los turistas que llegan a este lugar es observar al quetzal y otras aves típicas de este tipo de hábitat, por lo que el aviturismo es una actividad con alto potencial que puede traer beneficios a la comunidad de Albores y a Defensores, y por lo tanto, favorecer la conservación del bosque nuboso de la RBSM.

2. Clima. La elevación y la orientación de las áreas elevadas con relación a las corrientes de viento determinan fuertemente el clima en la Sierra de las Minas. La cantidad y las características de lluvia en las partes altas varían mucho en distancias muy cortas. La precipitación se estima entre 700 a 3,000 mm anuales. La condensación de agua en la vegetación compleja de los bosques nubosos altos supe a los ríos durante los meses de baja precipitación (FDN 1997, 2002).

La temperatura media varía entre 13° C - 32° C, en el gradiente altitudinal dentro de la Sierra de las Minas. La humedad relativa puede variar entre 80 a 95% en diferentes épocas del año (FDN 2002).

3. Vegetación. Los expertos forestales consideran a la Sierra de las Minas como uno de los bancos de semillas de coníferas tropicales más importantes del mundo (FDN 1997). Se han registrado 17 especies, una invaluable fuente de germoplasma para proyectos agroforestales y de reforestación en Guatemala y todo el mundo, con gran potencial para el aprovechamiento forestal y para asegurar el futuro de la industria forestal en el país (FDN 1997).

En cuanto a la vegetación del bosque nuboso de albores, tipo A, puede decirse que es una comunidad que se muestra ampliamente dominada por lauráceas (*Persea* y *Phoebe*) y por encinos (*Quercus sapotaefolia* y *Quercus* sp.), y que en apariencia mantiene un estado general de conservación óptimo (CECON 1993). Complementariamente, la riqueza fitogenética se manifiesta también en la vegetación no arbórea (CECON 1993).

4. Importancia ecológica y biológica. La Sierra de las Minas es un área donde el aislamiento geográfico y la gran variedad de elevaciones forman una gran diversidad de hábitats de flora y fauna, y son sitios de alto endemismo (Centro de Documentación Científica [CDC] 1991, en Fundación Defensores de la Naturaleza 1997). La mayor cantidad de bosque primario existente en la RBSM está constituida por el bosque nuboso, que se encuentra en las partes altas de la Sierra (CDC 1991, en FDN 1997). La parte noroeste (entre 1800 y 3000 mSNM y con precipitación anual de 2,000 mm), es muy compleja, biodiversa y con alto índice de endemismo (bromelias, orquídeas, anfibios y reptiles) (FDN 1997). La vegetación en la Sierra de las Minas es una mezcla de asociaciones neárticas y neotropicales y un ejemplo de coexistencia de coníferas, robledales y poblaciones diversas de lauráceas con abundantes asociaciones de musgos, helechos y epífitas (CDC 1991, en FDN 1997).

El agua en la Sierra de las Minas tiene una importancia crucial. Allí nacen 63 ríos, principalmente en la zona núcleo, los cuales se agrupan en 52 subcuencas hidrográficas. Los

ríos de la Sierra proveen de agua fresca e influyen en las condiciones microclimáticas para todos los pobladores de esas montañas, así como para industrias y fincas de los valles circundantes. De acuerdo al estudio *Análisis del valor del bosque nuboso en la protección de cuencas en la Sierra de las Minas* (FDN 1996), se determinó que en las cuencas del Río Jones y Río Hato (en la cuenca de este último se realizó el estudio), más del 80% del agua es utilizada en irrigación en la estación seca. En esas mismas cuencas, los pastos con régimen de riego reportan una productividad de hasta 28 veces más en comparación con los pastos no regados, y en relación con la agricultura, la productividad se incrementa por lo menos 6 veces.

La mayor cantidad de bosque primario existente en la Reserva está constituida por bosque nuboso y latifoliado, localizado en las partes más altas de la Sierra. La Reserva contiene más de 600 kms² de bosque nuboso, lo que representa la mayor extensión de hábitat aún existente en el país para el quetzal. (FDN 1997)

5. Del bosque nuboso. «Los bosques nubosos tienen una flora y estructura característica. Normalmente ocurren en una franja altitudinal donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistente o estacional. La precipitación total se ve incrementada por la precipitación horizontal. También se caracterizan por presentar una alta proporción de epífitas, suelos húmedos y gruesa capa de materia orgánica. Los valores de endemismos son muy altos, así como la diversidad de árboles, hierbas, epífitas y arbustos» (Hamilton *et al* 1995 en: Kappelle y Brown 2001).

Afortunadamente, en relación a los bosques nubosos, se ha reconocido ampliamente el potencial de su megadiversidad biótica, -con su gran número de especies endémicas-, así como el vital papel que juegan como proveedores de agua potable y energía hidroeléctrica a millones de habitantes del neotrópico (Kappelle y Brown 2001).

6. Aspectos sociales y económicos. La Sierra de las Minas está ocupada por diferentes grupos étnicos: Q'eqchí y Poqomchí, ubicados en el norte de la Reserva, mientras que los ladinos en su mayoría se encuentran en lado sur. Se estima que dentro de la Sierra de las Minas viven alrededor de 80,000 habitantes, en más de 150 comunidades en los 14 municipios que ocupa la reserva (FDN 2002).

Las actividades económicas más importantes son la agricultura perenne (café, hule, cacao, pimienta gorda, cardamomo, frutales, cítricos), la agricultura anual (maíz, frijol y hortalizas), manejo y extracción forestal, ganadería (de engorde y de leche), explotación minera (mármol) y la construcción de hidroeléctricas (FDN 2002).

B. Utilidad de caracterizar las aves en un área.

Las especies indicadoras han sido utilizadas para evaluar la magnitud de la perturbación antropogénica, para monitorear tendencias poblacionales en otras especies y para localizar áreas de alta biodiversidad regional (Caro y O'Doherty 1999). Se necesitan indicadores ecológicos para programas de monitoreo a largo plazo para detectar y evaluar condiciones ambientales cambiantes (Canterbury *et al* 2000).

Las aves son usadas como indicadores de calidad de hábitat en muchos países. En algunos casos, el propósito principal del monitoreo es la conservación de las mismas aves, ya que la identificación de cambios anormales o el declive de sus poblaciones, es el primer paso para determinar si se necesitan acciones especiales para conservar una especie (Fuller y Carter 2000). Sin embargo, muchos proyectos tienen la función de proveer una advertencia temprana de los posibles efectos de contaminación u otro cambio climático, basándose en especies aviares indicadoras (Fuller y Carter 2000).

Hay varias propiedades biológicas de las aves que las hacen apropiadas como indicadores en ciertos contextos. Por ejemplo, debido a su larga esperanza de vida, pueden integrar los efectos de los contaminantes a lo largo del tiempo (Fuller y Carter 2000). Además, tienen un elevado interés popular. Políticamente, esto las puede hacer extremadamente importantes (Fuller y Carter 2000).

Del mismo modo, los cambios observados en las poblaciones y comunidades de aves y los cambios en la habilidad reproductora de éstas han permitido examinar los efectos a largo plazo de la fragmentación del hábitat y de la introducción de especies (National Audubon Society 2003).

Las aves también pueden servir como indicadores de patrones espaciales y temporales en la biodiversidad (Fuller y Carter 2000). Son poderosos indicadores de la salud del ecosistema porque ellos dependen muy fuertemente de un amplio número de plantas, invertebrados y vertebrados como fuente de alimento (Fuller y Carter 2000). Las aves ocupan muchos nichos ecológicos, definidos en términos de comida, micro y macrohábitats; estos factores las hacen una herramienta útil para identificar la existencia de problemas en ecosistemas y en identificar la posible naturaleza del problema, por ejemplo si el problema es específico a un nicho o hábitat en particular (Fuller y Carter 2000). En un sentido amplio entonces, las aves son sumamente útiles como indicadores generales de la biodiversidad (Fuller y Carter 2000).

C. Estudios anteriores de avifauna en el área de Albores

Existe una deficiencia de estudios sistemáticos y constantes en el área de investigación biológica en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, cabe mencionar que la Sierra de las Minas es una de las áreas en las que sí se ha llevado a cabo investigación biológica con varios grupos (por ejemplo Paiz 1996; Succhini 1999; Valle 1997; Schuster *et al.* 2000; Quan 1997, Dix y Dix 1990, citados en FDN 2002). Asimismo, existen investigaciones con varios taxa en los bosques nubosos de nuestro país que han logrado generar valiosa información en áreas donde existían lagunas de conocimiento y donde no se había investigado a profundidad (e.g. Eisermann 2000; Renner 2003, Schuster *et al.* 2000).

Ponciano (1998) describió la comunidad de aves en función de la zona de vida y la distancia con la frontera agrícola en la Sierra de las Minas. Ponciano realizó su muestreo en el mes de abril de 1997, con una intensidad de nueve días de muestreo en el Bosque Nuboso. En su informe sugiere que se lleve a cabo otro estudio en los meses de diciembre a febrero durante dos o más años seguidos, y que se haga un esfuerzo de captura mayor que el realizado por él en ese entonces en cuanto a sitios de muestreo.

Villar y Kihn (1993) realizaron un inventario de la avifauna de tres localidades de la Sierra, incluyendo el área de Pinalón, del sector Albores. Los autores hacen bastante énfasis en las especies exclusivas de cada localidad y registran especies de particular significancia, lo cual podría ser útil para el presente estudio a pesar de que los dos proyectos no son comparables por tener metodologías distintas.

Por último, los informes realizados por estudiantes de ornitología de la Universidad del Valle de Guatemala o aficionados a la observación de aves en el área de Albores, sirvieron como una referencia para comprobar los registros acerca de algunas especies.

III. JUSTIFICACIÓN

Con los resultados obtenidos se pueden hacer importantes conclusiones acerca de la conservación y el manejo de la zona núcleo (bosque nuboso) en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Así mismo, la estimación de la calidad de hábitat por medio de especies indicadoras, puede colaborar a revalorizar áreas y sugerir esfuerzos de conservación en esta región.

Este proyecto puede servir como base para establecer un programa de monitoreo de aves que refleje cambios en el hábitat así como cambios en la misma comunidad aviar a lo largo de los años, lo cual permitiría tomar acciones preventivas a tiempo.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Documentar la diversidad, composición y estructura de la comunidad de aves en el bosque nuboso de Albores, Sierra de las Minas

B. Objetivos específicos

1. Describir la comunidad de avifauna en el bosque nuboso de Albores en cuanto a estructura y diversidad.
2. Utilizar los resultados para generar información que pueda ser utilizada en futuros planes de manejo y conservación del bosque nuboso de la Sierra de las Minas.
3. Analizar la composición de aves entre la región de Albores en la RBSM y la Sierra Yalijux, en Alta Verapaz.
4. Llevar a cabo estudios de calidad de hábitat con especies de aves indicadoras

V. METODOLOGÍA

A. Período de obtención de los datos

Los datos fueron recopilados durante un período de tres meses, a partir de agosto 2003. En su mayoría comprendió una época no migratoria, aunque a finales de octubre se encontraron algunas especies migratorias.

B. Método

1. Selección del sitio de muestreo. Se seleccionó el bosque nuboso ubicado en la finca Las Nubes, en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Este bosque ha sido llamado también Bosque Nuboso de Albores, debido a que la comunidad de Los Albores está muy cercana al mismo. El área de estudio se encuentra a una altura de 2550 mSNM, y está ubicada entre las siguientes coordenadas UTM: 183624E 1669509N (Estación) y 182503E 1669543N (Piedra del Ángel). Se seleccionó este bosque debido a que se trata de un bosque nuboso primario que forma parte de la zona núcleo de la reserva, se encuentra bajo protección y cuenta además con una cabaña. Es un punto al que se puede acceder con cierta facilidad desde el municipio de San Agustín Acasaguastlán, en el departamento de El Progreso. Otro factor importante para la selección de este bosque es que se encuentra a una altura similar a la de otros bosques nubosos en los que se ha realizado investigación (e.g. Renner 2003, Eisermann 2000), permitiendo así mejores comparaciones.

2. Métodos de colecta

a. Obtención de datos por capturas con redes de niebla. Las aves fueron capturadas con redes de niebla colocadas en el bosque primario (bosque nuboso), durante los meses de agosto a octubre 2003. Se utilizó un método de captura – recaptura con anillos de aluminio. Los resultados así obtenidos, permitieron estimar la riqueza, diversidad y otros parámetros como equitatividad y dominancias relativas de las especies capturadas en el bosque. El muestreo con redes de niebla es selectivo, ya que no se pueden capturar todas las especies aviares presentes en el bosque mediante este método (rapaces y aves de dosel por ejemplo).

El tamaño de las redes que se usaron es de 12 x 2.5 m, con malla de 12mm. Las aves capturadas en las redes fueron liberadas inmediatamente después de anillarlas con las band

de aluminio, identificar la especie y tomar otros datos, apuntándolo todo en una hoja de datos como la que se tiene en el Anexo 2. La identificación de las especies se hizo de acuerdo a la guía de aves de Howell y Webb (1995), la guía de campo de Norteamérica (National Geographic 1999) especialmente para especies migratorias, y la guía de Peterson (1973). Para obtener la biomasa, las aves fueron pesadas con balanzas Pesolas de 50, 100 y 500g, mientras se encontraban introducidas en bolsas de algodón que también fueron pesadas. Así se obtuvo, por diferencia, el peso real de cada individuo.

Se colocaron ocho redes individuales en cada uno de los transectos. Para la obtención de los datos se muestrearon un total de 6 transectos (no simultáneamente), que estaban separados por una distancia mínima de 100 metros entre sí. Se hicieron tres repeticiones de cada transecto de redes, con espaciamiento de por lo menos una semana entre cada repetición, para evitar que las aves territoriales notaran las redes. Éstas permanecieron abiertas de 6:00 a.m. a 14:00 horas. Se colocó un transecto de redes cada día, por lo que se necesitó un total de 6 días para abarcar los seis transectos del bosque, y un total de 18 días netos para lograr las tres repeticiones (seis días para completar los transectos en el bosque y tres repeticiones de cada transecto = 18 días). Para este método de colecta se tomó como referencia la metodología utilizada por Renner (2003). Puede observarse un diagrama de la forma de colocación de las redes en la figura 2.

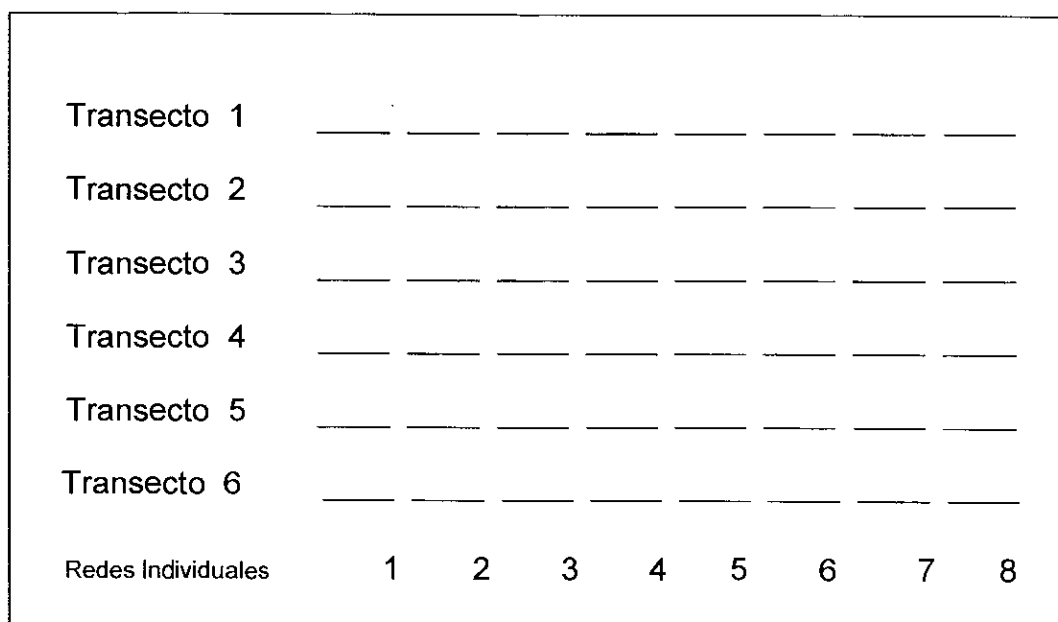


Figura 2. Forma en que se colocaron las redes en el bosque nuboso. Cada transecto está compuesto de 8 redes individuales. Cada día se abrieron las redes en un transecto y cada transecto se repitió 3 veces, dejando al menos una semana entre cada repetición.

El recuento de operación de las redes de niebla es importante para conocer las horas red que se trabajaron cada día y el esfuerzo realizado en total. Se acumularon 1,154 horas red con

40 minutos durante todo el estudio. La definición de hora-red usada es la propuesta por Ralph *et al* (1996): se refiere a la operación, durante una hora, de una red de captura de tamaño estándar (12 x 2.5 m). En el Anexo 2 se muestra la hoja de datos que se usó para eso.

b. Obtención de datos por puntos de conteo. Resulta importante la obtención de datos con un método por medio del cual se detecten especies que no caen en las redes. Debido a esto, se hicieron muestreos por puntos de conteo, tomando como referencia las recomendaciones de Ralph *et al* (1996), durante los meses de agosto a octubre 2003. Se tuvieron un total de 9 puntos de conteo en el área de estudio, distribuidos en tres filas de tres puntos cada una (formando una rejilla de 3x3), y separados entre sí por al menos 50 m. Los 9 puntos fueron muestreados 13 veces, en días en que también se operaron las redes de niebla. Se permaneció en silencio en cada punto durante 5 minutos, alrededor de las 7 de la mañana, para permitir el encuentro visual y auditivo con las aves. Se utilizaron binoculares Canon 10 x 50, y las especies observadas o escuchadas se anotaron en una hoja de datos para puntos de conteo (de Ralph *et al* 1996), que se muestra en el anexo 2.

El número máximo de individuos de cada especie registrado en un día, fue el dato utilizado para hacer estimaciones de abundancias relativas. Se hizo así para evitar contar más de una vez a un mismo individuo, e impedir así sobreestimaciones de los individuos para cada especie.

C. Análisis de datos

Todos los datos obtenidos fueron examinados de manera descriptiva, haciendo referencia a los dos métodos de colecta. Se analizaron números de especies y de individuos según el método, las familias para las cuales se tuvieron representantes, diferencias en números de individuos, especies y biomasa entre transectos y diferencias de capturas entre redes de un mismo transecto.

1. Modelo de abundancia de especies. Mostrar cómo está estructurada una determinada comunidad es también una forma de medir la heterogeneidad. La clave consiste en obtener alguna medida de la organización de la comunidad relacionada a cómo las abundancias relativas varían entre las diferentes especies de una comunidad (Krebs 1998). Para observar a qué modelo de distribución estadístico se ajustaba mejor la comunidad de aves estudiada, se utilizó el programa DIVERSITY (Henderson y Seaby 1998), el cual permite conocer el grado de ajuste (r^2) que presentan nuestros datos con los modelos serie logarítmica ("logseries"), logarítmico normal ("lognormal"), geométrico y palito quebrado ("broken stick") (Magurran 1991).

2. Estimación de la Diversidad

a. Diversidad. Para la estimación de la diversidad en el bosque nuboso, se utilizó el índice de diversidad de Shannon -Wiener, usando la siguiente fórmula (en Magurran 1991):

$$H' = -\sum p_i (\ln p_i)$$

donde H' es el índice de diversidad de especies, y p_i es la proporción de la muestra total que pertenece a la especie "i". Una comunidad con solamente una especie o con predominio de una sola especie, no tiene incertidumbre y $H' = 0$. El índice de diversidad de Shannon-Wiener se incrementa con el número de especies (Krebs 1998). Se utilizó el programa Spdivers.bas de Statistical Ecology de Ludwig y Reynolds (1988) para realizar los cálculos de diversidad.

b. Riqueza. Para la estimación de la riqueza de especies en el área de estudio, se utilizó el estimador no paramétrico de Jackknife, según la siguiente fórmula (de Heltsche y Forrester 1983, en Krebs 1998):

$$S^{\wedge} = s + \frac{(m-1)k}{m}$$

donde S^{\wedge} es el estimador de Jackknife para la riqueza de especies, s es el número total de especies observadas presentes en m cuadratos, m es el número total de muestras de cuadratos, y k es el número de especies únicas. Se utilizó el programa EstimateS 6.0 (Colwell 2000) para realizar el cálculo del estimador de Jackknife así como de otros estimadores (Chao, ACE e ICE), de manera que se pudieran comparar las estimaciones realizadas con cada cual, y discriminar entre ellas las más acertadas.

c. Equitatividad. Un tercer componente de la diversidad de un área es la equitatividad de especies. Las medidas de equitatividad intentan cuantificar la forma desigual en la que están representadas las diferentes especies de una comunidad (Krebs 1998). Se estimó el índice E1, utilizando el programa Spdivers.bas de Ludwig y Reynolds (1988).

d. Dominancia. La dominancia de las especies varía según cambios en el hábitat. Se estimó la dominancia en la comunidad aviar de las especies que fueron capturadas en las redes y registradas en puntos de conteo. Se utilizó la siguiente fórmula (Mühlenberg 1993, en Eisermann 2000):

$$D_i = \frac{n_i \times 100}{N}$$

donde

D_i = dominancia de la especie

n_i = Número de individuos de la especie

N = Número total de individuos

Con el fin de obtener resultados de dominancias que no fueran sesgados por el efecto de un transecto o día de muestreo, sino que pudieran ser aplicados al bosque nuboso de Albores, se sacó la dominancia media para cada especie. En el caso de las aves capturadas: para cada especie, la media se obtuvo de la dominancia que ésta tuvo en cada transecto (es decir, que la media resulta del promedio de las dominancias que obtuvo cada especie en los seis diferentes transectos). En el caso de los puntos de conteo, la dominancia media se sacó al promediar las dominancias que cada especie obtuvo en cada día de muestreo con puntos (es decir que la media resulta del promedio de las dominancias que cada especie obtuvo en cada día de muestreo con puntos).

La clasificación de las categorías de dominancia son las siguientes (según Howell, en Renner 2003):

- Dominante > 10% (común)
- Subdominante 5 -10% (medianamente común)
- Rezagado 1 - 5% (no común)
- Subrezagado < 1% (raro)

3. Similitud. Para la estimación de la similitud entre los diferentes transectos del bosque nuboso, (Diversidad β), se utilizó el índice de Sørensen que se obtuvo con la siguiente fórmula (en Krebs 1998):

$$S_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

donde S_s es el coeficiente de similitud de Sørensen, a es el número de especies presentes en la muestra A y B, b es el número de especies en la muestra B pero no en A, y c es el número de especies presentes en A y no en B.

Debido a que se querían incluir datos cuantitativos en la estimación de la similitud, se utilizó también el índice de Morisita – Horn, con la siguiente fórmula (en Krebs 1998):

$$CH = \frac{2\sum X_{ij} X_{ik}}{[(\sum X_{ij}^2/N^2j) + (\sum X_{ik}^2/N^2k)] N_j N_k}$$

en donde

CH = índice de similitud de Morisita-Horn (Morisita 1959 y Horn 1966 en Krebs 1998).

$X_{ij} X_{ik}$ = Número de individuos de la especie i en la muestra j y la muestra k

$N_j = \sum X_{ij}$ = número total de individuos en la muestra j

$N_k = \sum X_{ik}$ = número total de individuos en la muestra k

Los cálculos se hicieron utilizando el programa Estimates (Colwell 2000).

Se utilizó el índice de Morisita-Horn porque éste es casi independiente del tamaño de la muestra, excepto para muestras de tamaño muy pequeño (Krebs 1998), y es recomendado como la mejor medida de similitud para uso ecológico (por Wolda 1981, en Krebs 1998).

También se hizo un análisis de similitud utilizando el porcentaje de disimilitud de Bray-Curtis. Los cálculos se hicieron con el programa Ecology (Ludwig y Reynolds 1998). Una ventaja de usar este índice es que puede ser graficado posteriormente como un dendrograma, y permite ver que tan cerca o lejos (en cuanto a similitud) se encuentra un sitio de muestreo de otro. El dendrograma se hizo utilizando el programa Krebs/WIN (Krebs 1997).

4. Hábitos alimenticios. Las aves capturadas y observadas en puntos de conteo fueron clasificadas en seis distintos gremios alimenticios: insectívoras, nectarívoras, frujívoras, omnívoras, granívoras y carnívoras. La clasificación se realizó de acuerdo a Stiles y Skutch (1989), y a Howell y Webb (1995). Para determinar el número de especies e individuos presentes en cada gremio, también se utilizaron las medias, donde cada repetición correspondía a cada transecto o día de puntos de conteo, para cada gremio alimenticio.

5. Avifauna y vegetación. Para poder relacionar variables de la vegetación y la avifauna encontrada y determinar si existía alguna correlación entre ambos, se hizo un análisis de correspondencia canónica (CCA), utilizando el programa Pc-Ord (McCune y Mefford 1997).

Debido a que se necesita relacionar las variables de vegetación los sitios de muestreo y las especies encontradas en dichos sitios, se describió la vegetación en cada red de cada transecto. Se hizo un cuadrado de 12x12m alrededor de cada red en cada transecto (en total 8 cuadrados por transecto) y se midieron las siguientes variables de vegetación para hacer la descripción: altura máxima y mínima de árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP) máximo y

mínimo de árboles, cobertura del dosel (usando un densiómetro), y número de árboles caídos. También se tomaron datos a cerca de especies dominantes en el lugar.

Asimismo, se hizo un análisis de correspondencia sin tendencias (DCA), usando el mismo programa para ver si existía alguna correlación entre especies y sitios de muestreo.

D. Comparación entre los bosques nubosos Sierra de las Minas - Sierra Yalijux

Sierra de las Minas y Sierra Yalijux son dos cordilleras que se encuentran separadas por el valle del Polochic y que cuentan con bosques nubosos en sus partes altas. El estudio de Renner (2003) acerca de la avifauna en el bosque nuboso de Chelemhá (en Sierra Yalujux), sirvió para hacer el análisis de las comunidades aviares de RBSM y Sierra Yalijux. Debido a que el método de capturas utilizado en el presente estudio fue igual al utilizado por Renner, se pudieron hacer comparaciones con respecto a la estructura de la comunidad aviar en ambas localidades.

E. Implicaciones de conservación y manejo

Para que los resultados obtenidos pudieran tener implicaciones en el manejo y conservación que sean útiles para el futuro del bosque nuboso y de las aves, se debieron dilucidar algunas conclusiones con respecto a la ecología y estructura de la avifauna en el área estudiada. Por ejemplo, se pudo hacer referencia a la sensibilidad de diferentes especies a la perturbación de hábitat y su relación con algunas variables de manejo. Con base en la composición y ecología de la comunidad de aves que pudo estudiarse, se hicieron importantes conclusiones y recomendaciones que ayudan a tomar decisiones para la continuidad de la conservación del bosque nuboso de la Sierra. Algunos de los aportes importantes incluyeron sugerencias de especies indicadoras de la calidad de hábitat que resultan ser útiles e importantes para el monitoreo biológico a largo plazo.

VI. RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación tratan solamente de la avifauna observada en el bosque nuboso de Albores, en el período en que se llevó a cabo este estudio. Es importante recordar que en su gran mayoría se trata de un período no migratorio, y que a excepción de: *Dendroica townsendi*, *Wilsonia pusilla*, *Contopus borealis* y *Mniotilta varia*, 4 especies migratorias reportadas, todo el resto de especies son aves residentes.

Un total de 48 especies fueron observadas en el área del bosque nuboso de Albores. De estas especies, 37 fueron registradas mediante capturas o puntos de conteo, y otras 11 fueron detectadas ocasionalmente. Pudieron contabilizarse un total de 229 individuos, pertenecientes a las 37 especies registradas.

En los puntos de conteo se detectaron 31 especies con un total de al menos 90 individuos, mientras que con las redes de niebla se registraron 18 especies (12 de ellas registradas también en puntos de conteo), y un total de 139 individuos. Se totalizaron 1, 154 horas red con 40 minutos.

A. Estructura de la avifauna

1. Descripción. En los cuadros 1 y 2, a continuación, se muestran las especies registradas mediante redes de niebla y puntos de conteo y el número de individuos para cada especie. En el caso de puntos de conteo, cabe recordar que el número de individuos registrados para cada especie es una estimación, ya que solamente se muestra el número máximo de individuos que se detectaron en un mismo día para cada especie. Esto, para evitar contar dos veces al mismo individuo e impedir así sobreestimaciones.

Cuadro 1. Especies registradas con redes de niebla en el bosque nuboso de Albores

Especies (18)	Individuos
<i>Lampornis amethystinus</i>	21
<i>Eugenes fulgens</i>	3
<i>Lamprolaima rhami</i>	21
<i>Lampornis viridipallens</i>	2
<i>Picooides villosus</i>	1
<i>Automolus rubiginosus</i>	1
<i>Empidonax flavescens</i>	1
<i>Troglodytes rufociliatus</i>	1
<i>Henicorhina leucophrys</i>	13
<i>Myadestes unicolor</i>	5
<i>Myadestes occidentales</i>	2
<i>Catharus frantzii</i>	16
<i>Turdus infuscatus</i>	3
<i>Turdus plebejus</i>	2
<i>Basileuterus belli</i>	34
<i>Ergaticus versicolor</i>	2
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	6
<i>Atlapetes brunneinucha</i>	5
Total	139

Cuadro 2. Especies registradas en puntos de conteo en el bosque nuboso de Albores

Especies (30)	Mayor número de individuos detectados
<i>Spizaetus ornatus</i>	1
<i>Oreophasis derbianus</i>	1
<i>Penelopina nigra</i>	2
<i>Bolborhynchus lineola</i> ¹	6
<i>Streptoprocne zonaris</i>	2

¹ Debido a que *Bolborhynchus lineola* es una especie grupal, las estimaciones de abundancia de esta especie se refieren siempre a número de grupos observados. Los grupos varían de 2 a 5 individuos aproximadamente.

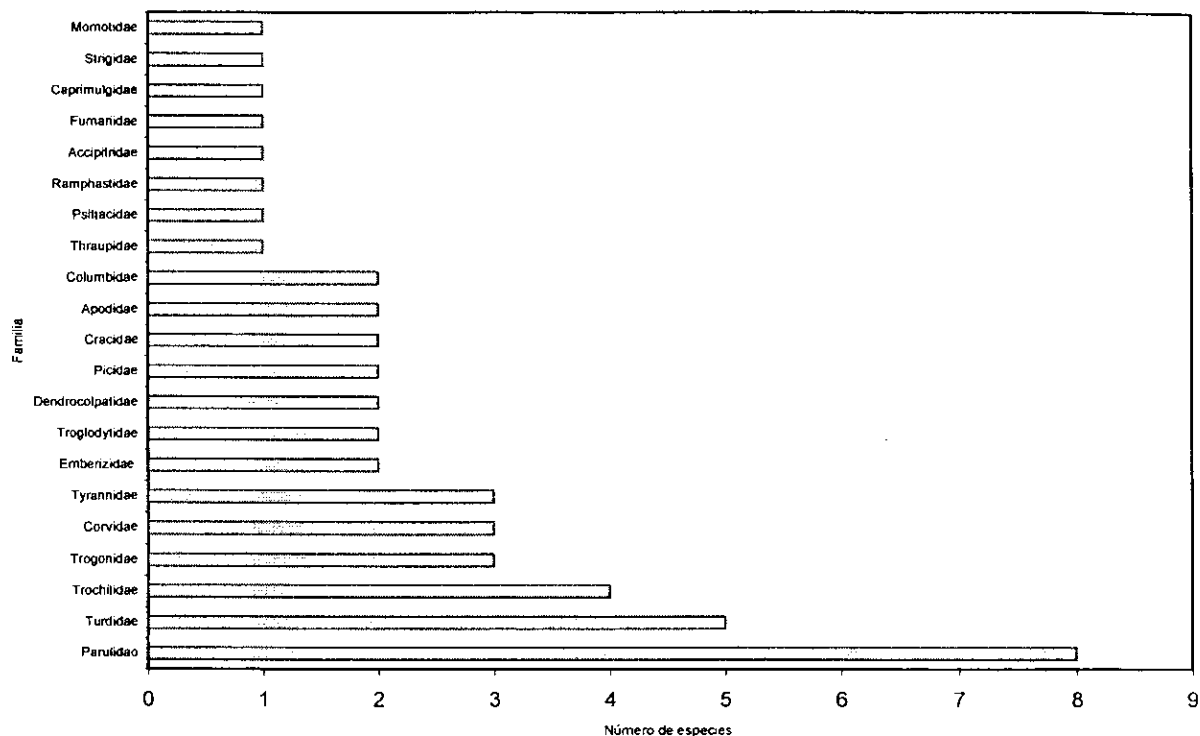
Especies (30)	Mayor número de individuos detectados
<i>Lamprolaima rhami</i>	1
<i>Pharomachrus mocinno</i>	2
<i>Trogon mexicanus</i>	3
<i>Trogon collaris</i>	1
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	3
<i>Picoides villosus</i>	1
<i>Colaptes auratus</i>	1
<i>Lepidocolpates affinis</i>	1
<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	2
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	2
<i>Aphelocoma unicolor</i>	7
<i>Henicorhina leucophrys</i>	9
<i>Myadestes unicolor</i>	3
<i>Myadestes occidentales</i>	5
<i>Catharus frantzii</i>	3
<i>Turdus plebejus/infuscatus</i>	8
<i>Basileuterus belli</i>	6
<i>Vermivora superciliosa</i>	2
<i>Myioborus pictus</i>	1
<i>Myioborus miniatus</i>	2
<i>Ergaticus versicolor</i>	8
<i>Dendroica townsendi</i>	1
<i>Wilsonia pusilla</i>	1
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	4
<i>Atlapetes brunneinucha</i>	1
Total	90

Tal como se mencionó arriba, además de las detecciones en puntos y con redes, también hubo especies que fueron detectadas ocasionalmente. Esto significa que no fueron capturadas y que fueron vistas o escuchadas en horas y lugares diferentes a los de puntos de conteo, pero que se encontraban dentro del área de estudio. Es importante hacer mención de ellas ya que de esta forma se documenta su presencia en el área, aunque no hayan sido cuantificadas mediante alguno de los dos métodos utilizados. El Cuadro 3 muestra las especies registradas de forma ocasional.

Cuadro 3. Especies detectadas ocasionalmente en el bosque nuboso de Albores

Fecha	Especies (11)
	<i>Contopus borealis</i>
19 al 26 de sept.	<i>Aeronautes saxatalis</i> <i>Claravis mondetoura</i> <i>Caprimulgus arizonae</i>
	<i>Columba fasciata</i> <i>Cyanolyca pumilo</i>
5 al 13/9 de sept.	<i>Cyanocorax melanocyaneus</i> <i>Aspata gularis</i> <i>Haplospiza rustica</i>
6 al 10 de oct.	<i>Stix virgata</i> <i>Mniotilta varia</i>

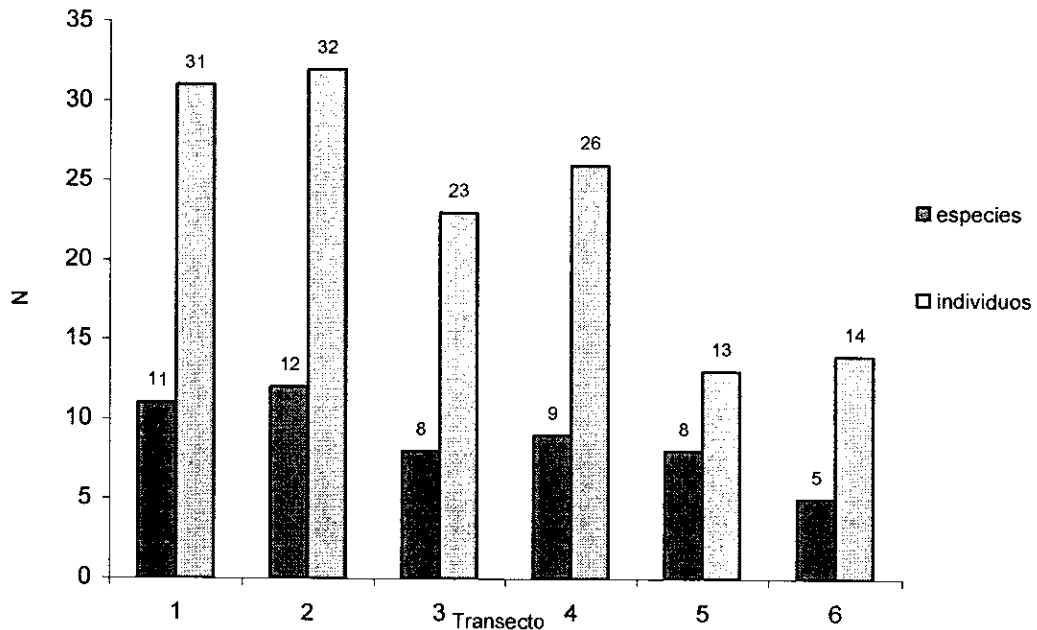
2. Familias registradas. Se encontraron representantes de 21 familias en total (familias según American Ornithological Union [AOU] 2003), al tomar en cuenta todas las especies observadas en el bosque nuboso de Albores. Abajo, la Gráfica 1 muestra el número de especies presentes en cada familia. En el anexo 3 se tienen los nombres de las especies que representan cada una de las 21 familias.



Gráfica 1. Número de especies representando cada una de las familias, para el área del bosque nuboso de Albores.

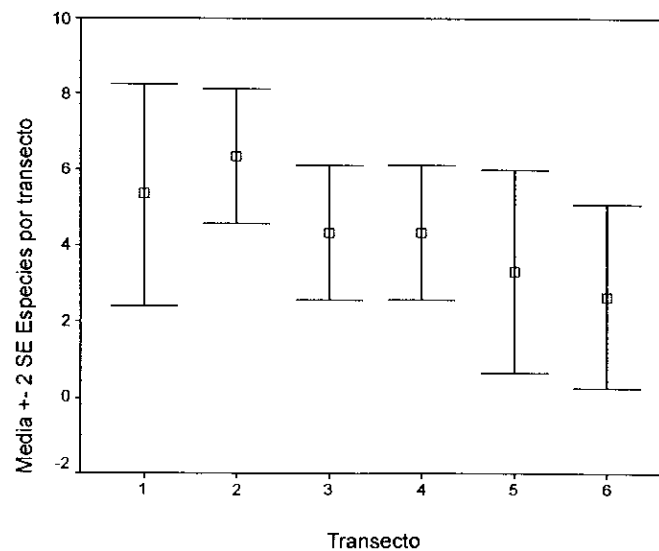
3. Especies e Individuos en los diferentes transectos de capturas. Tanto el número de especies como el número de individuos encontrados, varió entre cada uno de los transectos. En términos generales, los transectos 5 y 6 fueron los que presentaron menor número de individuos, mientras que los transectos 1 y 2 fueron los que más individuos y especies tuvieron.

A continuación se muestra, en la Gráfica 2, el número de especies y de individuos registrados para cada transecto. En el apartado VI.E se hace un análisis de similitud entre transectos, tomando en cuenta la composición de la avifauna. Pueden compararse los resultados de ésta y de la siguiente sección con los obtenidos en VI.E.

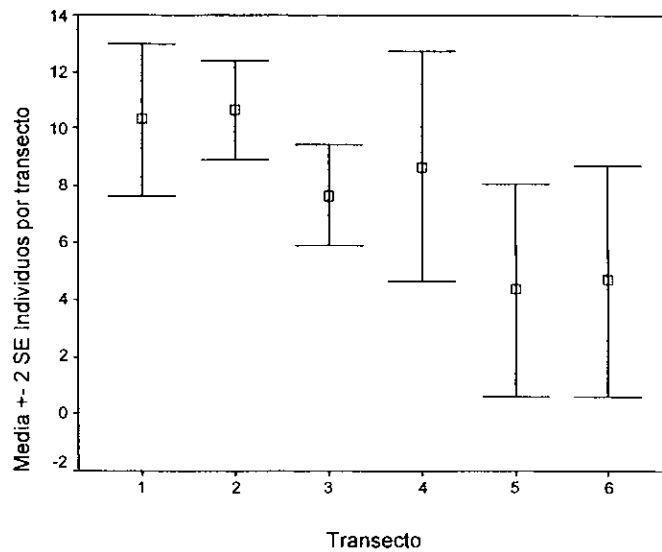


Gráfica 2. Número total de especies e individuos (N) por cada transecto.

Las barras de error son gráficas en las que se observa la media y dos desviaciones estándar de la media de los datos introducidos para hacer las gráficas. De esta manera se puede observar no sólo la diferencia entre las categorías utilizadas, como en las gráficas de barras, sino también la variación generada por el error estándar de la media. En las gráficas 3 y 4 a continuación, se tienen el número de especies y número de individuos para cada transecto, utilizando barras de error.

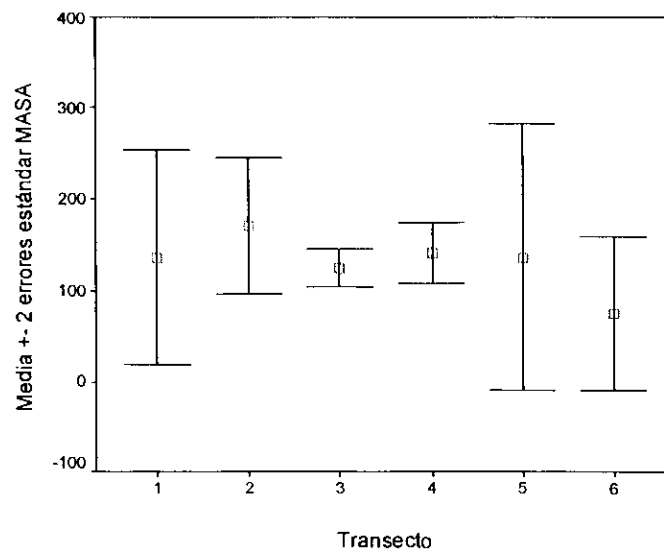


Gráfica 3. Barras de error para la media de especies por transecto. Obsérvese que el error estándar es similar para los transectos.



Gráfica 4. Barras de error para la media de individuos por transecto. Obsérvese que existe más diferencia en los errores estándar entre los diferentes transectos en este caso.

Otro de los datos con los que se pudieron llevar a cabo comparaciones entre los transectos fue la biomasa. La Gráfica 5 muestra la biomasa total media por cada transecto, y el error estándar de la media de cada una. A pesar de que los valores de la misma oscilaron desde 99 g (transecto 6) hasta 171 g (transecto 2), el análisis de varianzas muestra que no existe diferencia significativa ($p=0.784$, $\alpha=0.10$) entre las medias de las biomásas en cada transecto.



Gráfica 5. Barras de error para la biomasa media en cada transecto de redes

Al realizar una gráfica de barras de error como la Gráfica 5, se observa que el error estándar de la media difiere notablemente entre los transectos. En los transectos 3 y 4 es bastante reducida, mientras que en el resto de transectos ésta se amplía. Esto significa que la masa corporal de las aves en los transectos 3 y 4 estuvo más uniformemente distribuida, con poca variación, mientras que en el resto de transectos, la masa es menos uniforme.

Del mismo modo que entre transectos, se observaron también diferencias entre las redes de un mismo transecto. Incluso hubo redes en las cuales no se capturó ningún individuo, aun tomando en cuenta las recapturas. Los transectos 5 y 6 fueron los que tuvieron más redes donde no se capturó ningún individuo, y en el transecto 2 se tuvo la red con mayor número de individuos capturados (9). Abajo, el Cuadro 4 muestra el resumen de las capturas por red.

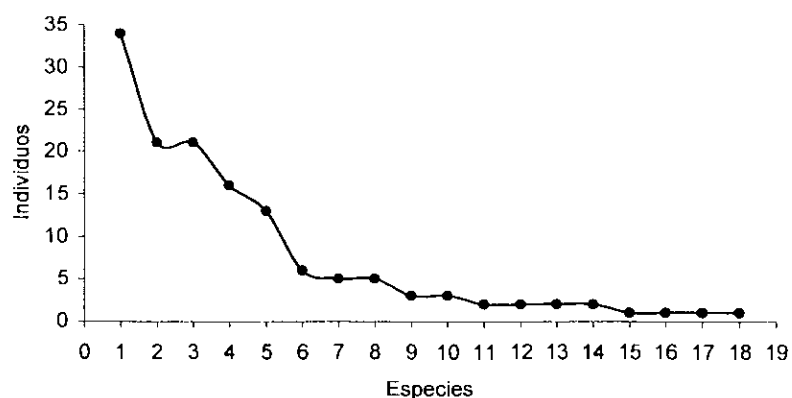
Cuadro 4. Individuos capturados por red en cada transecto, incluyendo las recapturas.

Los cuadros sombreados resaltan las redes con cero individuos capturados.

Red	Transecto					
	1	2	3	4	5	6
1	6	1	4	8	0	0
2	2	2	1	0	3	7
3	3	5	3	4	0	2
4	5	2	6	5	0	4
5	6	9	2	1	2	0
6	3	4	2	2	3	0
7	6	7	4	4	1	2
8	3	3	6	4	4	3

B. Modelo de abundancia de especies

La razón de individuos y especies capturados en el área de estudio (Gráfica 6) se ajusta mejor a una distribución *logseries* y *lognormal* (prueba de X^2 : $p=0.986$ y $p=0.944$ respectivamente). La distribución de especies no corresponde a un modelo *broken stick* ($p=0.075$, $\alpha=0.10$). El hecho de que la abundancia de especies en el bosque nuboso de Albores se ajuste con alta probabilidad a un modelo *lognormal*, implica que se trata de una comunidad natural variada, grande y madura (Magurran 1988). Se observa que la comunidad de aves capturadas puede ser descrita con un modelo logarítmico.



Gráfica 6. Modelo de abundancia de especies para las aves capturadas en el período de estudio. r^2 para logseries = 0.986; r^2 para lognormal = 0.944.

Pueden verse todos los valores del ajuste de la comunidad a los diferentes modelos en el anexo 4.

C. Diversidad

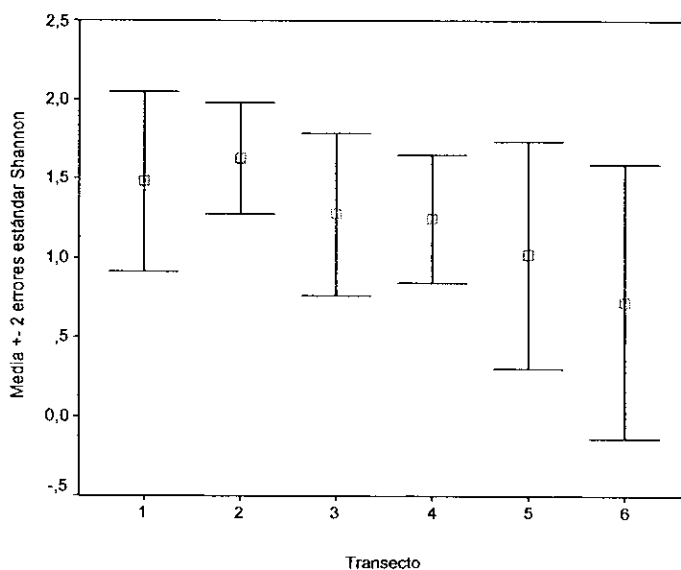
El reciente interés en biología de la conservación generó un enfoque en cómo medir la biodiversidad en comunidades de plantas y animales (Krebs 1998). El concepto de diversidad de especies involucra tres conceptos distintos: riqueza, heterogeneidad y equitatividad de especies (Krebs 1999).

1. Heterogeneidad. El término heterogeneidad es para muchos ecólogos un concepto sinónimo de diversidad (Krebs 1998). El índice de Shannon-Wiener (H') es una medida de heterogeneidad que trata con la incertidumbre de predecir correctamente la especie del siguiente individuo colectado, y se incrementa con el número de especies en una comunidad (Krebs 1998).

En el caso de la comunidad de aves de Albores, se utilizaron los datos de capturas para estimar la diversidad (usando H'), en cada uno de los transectos muestreados. Los resultados concuerdan en gran medida con lo obtenido al usar otros parámetros (ej. riqueza, abundancia, biomasa), ya que el transecto 2 resulta ser el más diverso ($H' = 1,63$) y el transecto 6 el menos diverso ($H' = 0,72$). Aún cuando se incluyen los datos de recapturas, el orden de más diverso a menos diverso se mantiene, siendo el transecto 2 el más diverso y el 6 el menos diverso. Los valores intermedios se encuentran, en orden de mayor a menor H' , en los transectos 1, 3, 4 y

5, manteniendo en alguna medida el patrón observado al compararlos en cuanto a otros parámetros.

A pesar de las diferencias mencionadas en los valores del índice de Shannon-Wiener (en el anexo 4 se muestran todos los valores), el análisis de varianza permite asegurar que no existen diferencias significativas ($p= 0.374$, $\alpha=0.10$) en cuanto a las medias de los valores de Shannon entre los seis transectos. La gráfica 7, a continuación, muestra los valores obtenidos para el índice de diversidad y el error estándar de la media de cada uno, para cada transecto.



Gráfica 7. Barras de error para índice de diversidad de Shannon en cada transecto, usando error estándar de la media

2. Riqueza de especies. El concepto más antiguo y simple de diversidad es la riqueza de especies: el número de especies en una comunidad. Tal como se mencionó al principio, se detectaron 48 especies en el área y período de estudio. A continuación se presenta la lista de todas las especies detectadas, ya sea auditiva o visualmente, por medio de capturas, redes o detecciones ocasionales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies registradas en el bosque nuboso de Albores durante el período de estudio. El asterisco (*) marca a las especies migratorias.

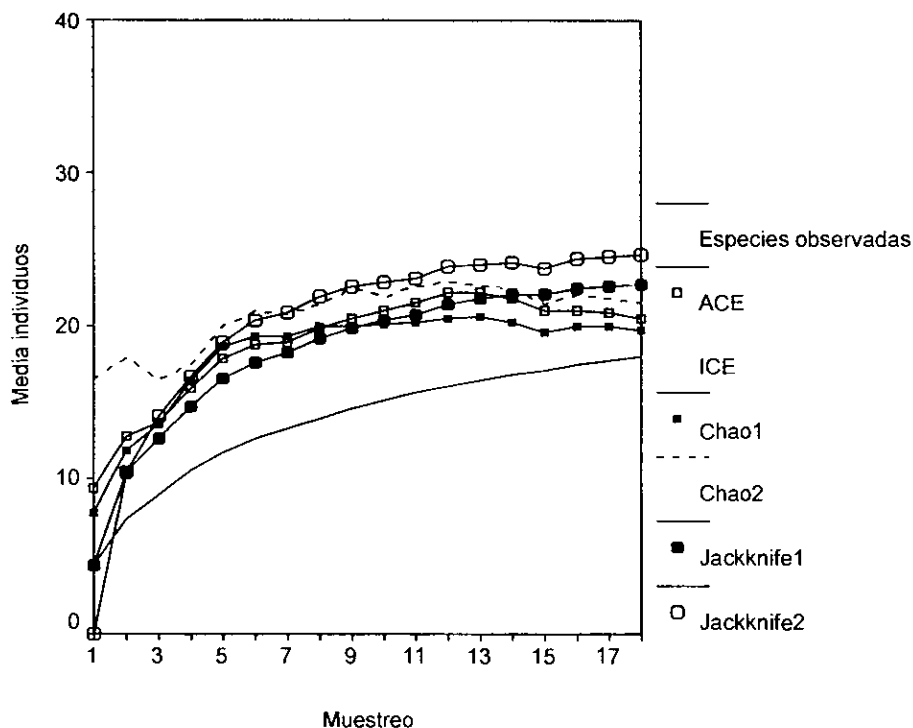
Especies (48)

Turdus plebejus
Basileuterus belli
Henicorhina leucophrys
Myadestes occidentales
Bolborhynchus lineola
Chlorospingus ophthalmicus
Lamprolaima rahmi
Ergaticus versicolor
Lampornis amethystinus
Catharus frantzii
Ahelocoma unicolor
Pharomachrus mocinno
Myadestes unicolor
Xiphorinchus eritropigijs
Trogon mexicanus
Atlapetes bruneinucha
Aulacorhincus prasinus
Vermivora superciliosa
Colaptes auratus
Myoborus miniatus
Mitrephanes phaeocercus
Penelopina nigra
Picoides villosus
Eugenes fulgens
Turdus infuscatus
Streptoprocne zonaris
Spizaetus ornatus
Lampornis viridipallens
*Dendroica townsendi**
Lepidocolaptes affinis
Myoborus pictus
Oreophasis derbianus
Trogon collaris
*Wilsonia pusilla**

Especies (48)

*Automolus rubiginosus**Empidonax flavescens**Troglodytes rufociliatus**Contopus borealis***Aeronautes saxatalis**Claravis mondetoura**Caprimulgus arizonae**Strix virgata**Columba fascista**Cyanolyca pumilo**Cyanocorax melanocyaneus**Aspatha gularis**Haplospiza rustica**Mniotilta varia**

Naturalmente, no todas las especies que en realidad viven en el bosque nuboso de Albores fueron detectadas en el período en el que se llevó a cabo el estudio. Existen ciertos estimadores de la riqueza de especies que permiten predecir el número de especies que podrían esperarse en el área, dado el patrón que se ha mostrado en un período. Las estimaciones realizadas con este tipo de estimadores (no paramétricos), se basan en las especies raras o difíciles de coleccionar. En este caso, se utilizaron los siguientes estimadores no paramétricos de la riqueza de especies: Chao 1 y 2, Jackknife 1 y 2, ACE e ICE. La gráfica de abajo muestra las tendencias de cada uno de éstos estimadores:



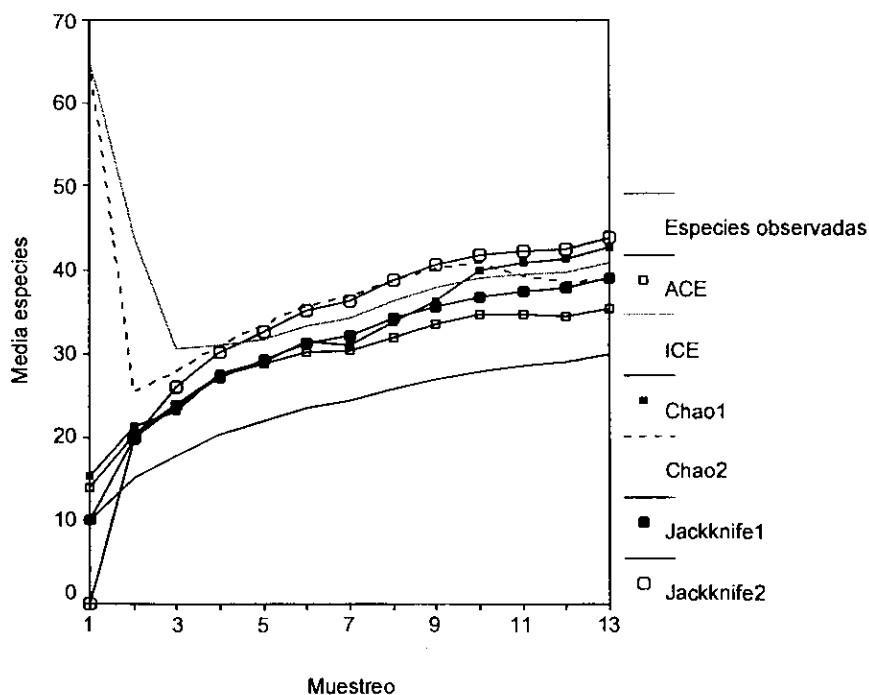
Gráfica 8. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies para las aves capturadas en Albores en el período agosto-octubre 2003.

La línea negra continua muestra las especies observadas (curva aleatorizada de acumulación de especies). Puede observarse que aún se incrementa, por lo que se necesitaría más esfuerzo de muestreo para estabilizar la curva. Sin embargo, el número máximo de especies estimadas es 24 (Jackknife 2), lo cual representa seis especies más de las que en realidad fueron detectadas mediante las capturas (18). Los valores exactos de las estimaciones de riqueza y su desviación estándar, se tienen en el Cuadro 6. Chao 1 estima 19 especies, y así, es el estimador que más se acerca al número de especies que se obtuvieron.

Cuadro 6. Número de especies estimadas con diferentes estimadores (+desviación estándar)

Estimador	Número máximo de especies estimadas
ACE	20.56 (+0)
ICE	22.59 (+0.01)
Chao 1	19.78 (+2.65)
Chao 2	21.57 (+4.88)
Jackknife 1	22.72 (+1.85)
Jackknife 2	24.66 (+0)

También se hizo una curva de acumulación de especies para las aves registradas en los puntos de conteo, y se observa que al igual que para las capturas, todavía pueden esperarse algunas especies más, ya que la curva de acumulación de especies no se ha estabilizado totalmente. La Gráfica 9 muestra la curva obtenida, así como los estimadores no paramétricos de la riqueza para las aves registradas en los puntos de conteo.



Gráfica 9. Curva de acumulación de especies para las aves registradas en puntos de conteo durante el período de estudio, y estimadores no paramétricos de la riqueza de especies.

En este caso, se estiman un máximo de 43.8 especies (Jackknife 2), mientras que el número mínimo de especies que aún podrían esperarse es de 35.5. Por lo tanto, puede decirse que al menos cinco especies más pueden esperarse en esta área, con el método de puntos de conteo, y que se necesitaría más esfuerzo para lograr estabilizar la curva, al igual que en el caso de las capturas.

3. Equitatividad. La equitatividad trata de cuantificar la representación desigual de las especies contra una comunidad hipotética en la cual todas las especies son igualmente comunes. Nuevamente, al igual que en caso de la heterogeneidad, no se encontró diferencia significativa ($p= 0.458$, $\alpha=0.10$) entre los transectos en cuanto a la media de los valores de equitatividad E1.

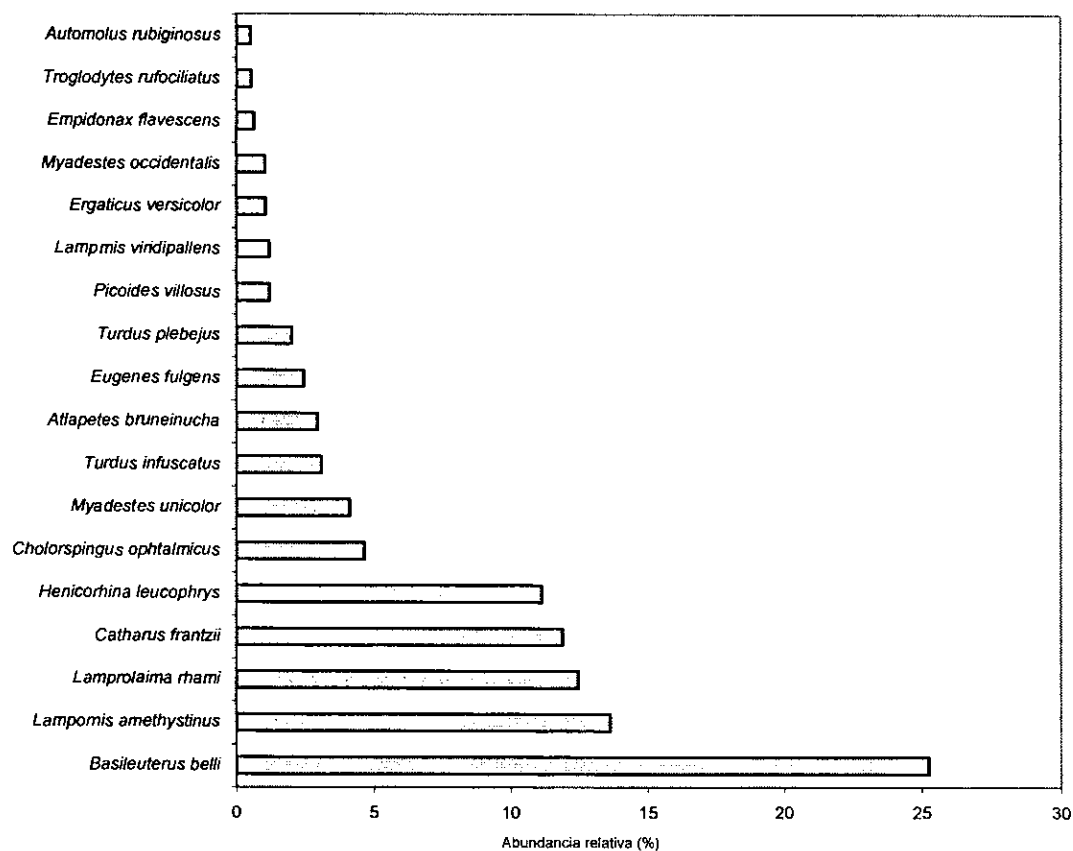
Aunque desde el punto de vista estadístico sea cuestión de azar, puede decirse que en cuanto a este valor de E1, los transectos muestran ciertas variaciones. El rango de valores de 0 a 1 se interpreta de la misma manera que el índice de Shannon-Wiener: cero (menos equitatividad, dominancia de una sola especie) y 1 (más equitatividad).

En el anexo 4, pueden verse todos los valores medios para cada transecto del índice de diversidad de Shannon-Wiener y del de equitatividad E1.

D. Dominancia (Abundancias relativas)

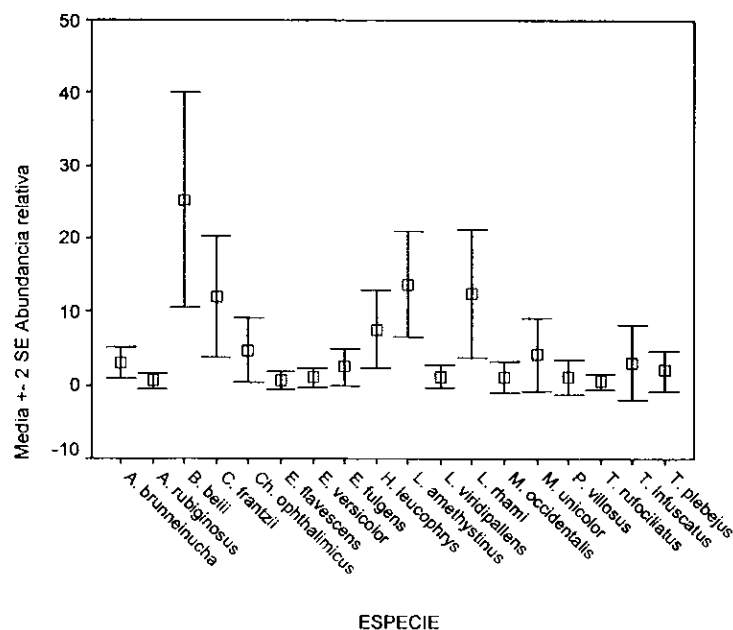
En este caso, la dominancia se ha trabajado como abundancia relativa de especies. Se tratan por separado los resultados de puntos de conteo y de capturas con redes. Debido a los movimientos de migración, la estructura de dominancias se ve sujeta a cambios a lo largo del año. Por eso vale la pena recordar que estos resultados se refieren solamente al período agosto –octubre 2003, y que tanto para capturas como para puntos de conteo, se tratan de dominancias medias.

1. Dominancia en aves capturadas. La especie más común fue *Basileuterus belli*, con 34 capturas, correspondiente a una dominancia media de 25.27%. Le siguen *Lampornis amethystinus*, y *Lamprolaima rhami*, ambos con 21 individuos capturados, correspondiente a una dominancia media de 13.65% y 12.49% respectivamente. La Gráfica 10 muestra las dominancias relativas, en porcentajes, de todas las especies capturadas:



Gráfica 10. Dominancias relativas medias (en %) de especies capturadas en redes de niebla.

Se hizo también una gráfica de barras de error para visualizar la varianza que existió para cada especie, en cuanto a su abundancia relativa en los diferentes transectos (Gráfica 11). Se observa que las especies que tuvieron una abundancia relativa media más alta (las más comunes), también tienen una varianza mayor que las especies raras. Esto es natural, ya que con menos individuos capturados, y por lo tanto en menos transectos, la varianza que existe en éstas es menor.



Gráfica 11. Abundancia relativa media (en %) de especies capturadas por transecto

Según la clasificación mencionada en la metodología, cada una de las especies se pudo incluir dentro de una categoría de dominancia. La categoría con más número de especies en ella es la categoría de rezagado, o poco común, con una representación de 1 a 5% en la comunidad. En ella se encuentran más de la mitad (55%) de todas las especies capturadas. Otras tres especies son consideradas como "raras", al contar con menos de 1% de representación en la comunidad, mientras que también cinco especies (27%) son consideradas "comunes" o dominantes, al contar con más de 10% de representación en la comunidad. El Cuadro 7 muestra las especies y las categorías a las cuales pertenecen.

Cuadro 7. Especies capturadas y categoría de dominancia a la cual pertenecen, según su porcentaje de representación en la comunidad.

Especie	Categoría de dominancia
<i>Basileuterus belli</i>	
<i>Lampornis amethystinus</i>	Dominante
<i>Lamprolaima rhami</i>	(común)
<i>Catharus frantzii</i>	
<i>Henicorhina leucophrys</i>	
<i>Cholorspingus ophthalmicus</i>	
<i>Atlapetes brunneinucha</i>	
<i>Myadestes unicolor</i>	

Especie	Categoría de dominancia
<i>Eugenes fulgens</i>	
<i>Turdus infuscatus</i>	
<i>Ergaticus versicolor</i>	
<i>Lampornis viridipallens</i>	Rezagado (poco común)
<i>Myadestes occidentales</i>	
<i>Turdus plebejus</i>	
<i>Picoides villosus</i>	
<i>Empidonax flavescens</i>	
<i>Automolus rubiginosus</i>	Subrezagado (rara)
<i>Troglodytes rufociliatus</i>	

La importancia de llevar a cabo los cálculos de dominancias utilizando las medias para cada especie, reside en que de esta manera los resultados pueden aplicarse al bosque nuboso de Albores, y no se ven sesgados por el efecto de una trampa (un transecto en éste caso).

2. Dominancia de aves observadas en puntos de conteo. Los números que se obtienen mediante puntos de conteo en cuanto a las dominancias guardan estrecha relación con la detectabilidad de la especie, tanto visual como auditiva. Tanto en este inciso como en el anterior, la clasificación realizada debe tomarse como una aproximación de las dominancias y no como datos fijos.

Según la media de las abundancias relativas para cada especie (media de porcentajes de cada día de puntos de conteo), se presentan en el Cuadro 8, las categorías de dominancias, con las especies pertenecientes a cada una. Pueden compararse los datos con los obtenidos en el inciso anterior, y ver las diferencias que se obtienen debido a los factores como detectabilidad auditiva, visual y territorialidad que influyen en cada método.

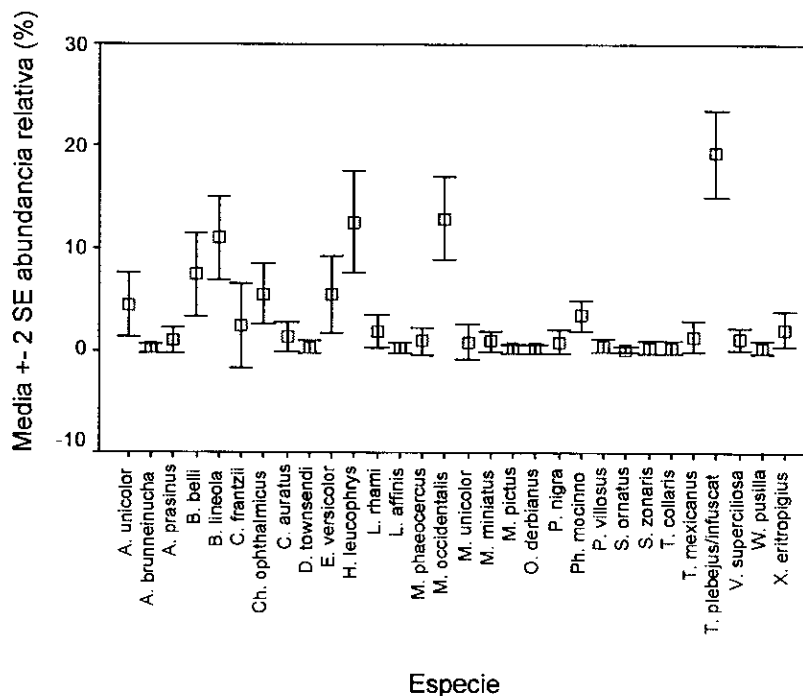
Cuadro 8. Especies detectadas en puntos de conteo y categoría de dominancia a la cual pertenecen, según su porcentaje medio de representación en la comunidad.

Especie	Categoría de dominancia
<i>Turdus plebejus/infuscatus</i>	
<i>Myadestes occidentalis</i>	Dominante (común)
<i>Henicorhina leucophrys</i>	

Especie	Categoría de dominancia
<i>Bolborhynchus lineola</i>	
<i>Basileuterus belli</i>	
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	Subdominante (media común)
<i>Ergaticus versicolor</i>	
<i>Ahelocoma unicolor</i>	
<i>Pharomachrus mocinno</i>	
<i>Catharus frantzii</i>	
<i>Xiphorinchus eritropigijs</i>	Rezagado (poco común)
<i>Lamprolaima rahmi</i>	
<i>Trogon mexicanus</i>	
<i>Colaptes auratus</i>	
<i>Vermivora superciliosa</i>	
<i>Aulacorhincus prasinus</i>	
<i>Myoborus miniatus</i>	
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	
<i>Myadestes unicolor</i>	
<i>Penelopina nigra</i>	Subrezagado (rara)
<i>Picoides villosus</i>	
<i>Dendroica townsendi</i>	
<i>Streptoprocne zonaris</i>	
<i>Trogon collaris</i>	
<i>Wilsonia pusilla</i>	
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	
<i>Oreophasis derbianus</i>	
<i>Atlapetes brunneinucha</i>	
<i>Myoborus pictus</i>	
<i>Spizaetus ornatus</i>	

Como puede observarse, se tienen las cuatro categorías de dominancias, en el sentido estricto de la definición (ver Sección V.C.1 de la metodología para definición de los términos). La mayoría de especies detectadas mediante puntos de conteo (23; 77%), son consideradas raras y poco comunes, mientras que 7 (23%), son consideradas medianamente comunes y comunes.

También se realizaron barras de error (Gráfica 12) para ilustrar las abundancias relativas medias de las especies observadas o escuchadas en puntos de conteo, y su error estándar.



Gráfica 12. Abundancia relativa media (%) de especies registradas en puntos de conteo.

El número de especies registradas en Albores una vez (singletes) o dos veces (dobletes) es relativamente alto. Con el método de redes de niebla, se tienen cuatro singletes y cuatro dobletes, representando en conjunto casi la mitad (44%) de todas las especies capturadas. En los puntos de conteo se tienen siete dobletes y 11 singletes, representando juntos el 58% de todas las especies detectadas con éste método. Esto demuestra que en el bosque estudiado existen varias especies raras, de hábitos raros, o difíciles de detectar.

E. Similitud

1. Similitud con datos cuantitativos. Para llevar a cabo el análisis de similitud entre los transectos, el índice de similitud cuantitativo utilizado es el de Morisita-Horn, el cual varía de 0 (ninguna similitud) hasta 1 (similitud completa). El Cuadro 9 muestra los valores obtenidos.

Cuadro 9. Índice de similitud de Morisita-Horn. Los números del 1 al 6 representan los diferentes transectos.

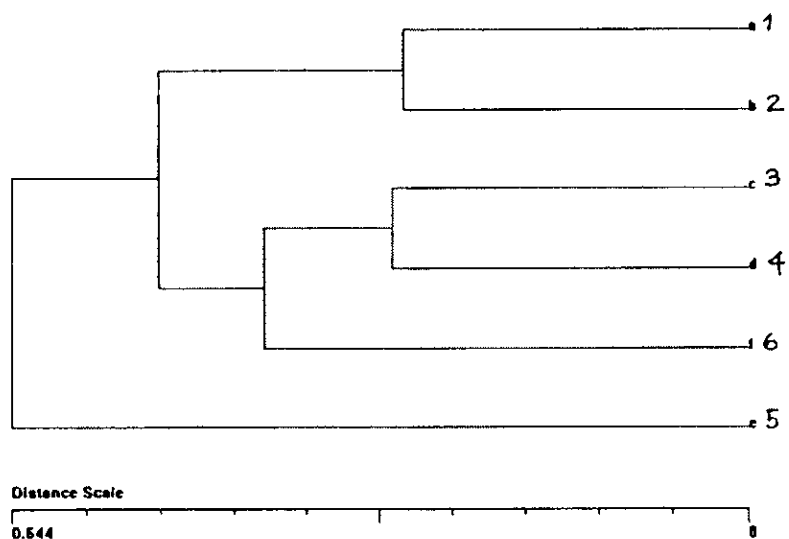
	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	0.88	-				
3	0.68	0.75	-			
4	0.53	0.63	0.82	-		
5	0.47	0.59	0.39	0.46	-	
6	0.34	0.49	0.86	0.71	0.19	-

También se utilizó el índice de disimilitud de Bray-Curtis, para luego hacer un análisis de agrupamiento jerárquico utilizando UPGMA (unweighted arithmetic average) como método de agrupamiento. El análisis de agrupamiento jerárquico se llevó a cabo para visualizar la similitud que existe entre los transectos, y ver qué tan cerca o lejos se encuentran uno de otro en cuanto a éste parámetro. El Cuadro 10 muestra los valores del índice de Bray – Curtis, y abajo se tiene el dendrograma con los resultados del agrupamiento (Gráfica 13).

Cuadro 10. Porcentaje de disimilitud de Bray-Curtis. Los números del 1 al 6 representan los diferentes transectos. (Mientras más alto sea el valor más diferentes son los transectos comparados, y mientras menor sea el valor, la similitud entre ellos es más alta).

	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	0.30	-				
3	0.48	0.35	-			
4	0.58	0.48	0.31	-		
5	0.73	0.56	0.56	0.59	-	
6	0.69	0.52	0.35	0.50	0.78	-

Tanto para el índice de Morisita-Horn como para el porcentaje de disimilitud de Bray-Curtis, los transectos más similares son el 1 con el 2, y los transectos que difieren más entre sí son el 5 y el 6. Estas comparaciones están basadas en la composición de la comunidad de aves estudiada, y no solamente en la estructura (Secciones VI. A y VI.C).



Gráfica 13. Dendrograma para los transectos del bosque nuboso de Albores. Se usa el índice de disimilitud de Bray-Curtis y UPGMA como método de agrupamiento. Los números se refieren a los transectos.

2. Similitud con datos cualitativos. Se utilizó el Índice de Sørensen (Cuadro 11). Los datos obtenidos al utilizar solo datos binarios (presencia - ausencia), son similares a los obtenidos al tomar en cuenta las abundancias para cada especie. El rango de todos los coeficientes de similitud para datos binarios va de cero (no similitud), hasta 1 (similitud completa).

Cuadro 11. Índice de similitud cualitativo de Sørensen. Los números del 1 al 6 representan los diferentes transectos.

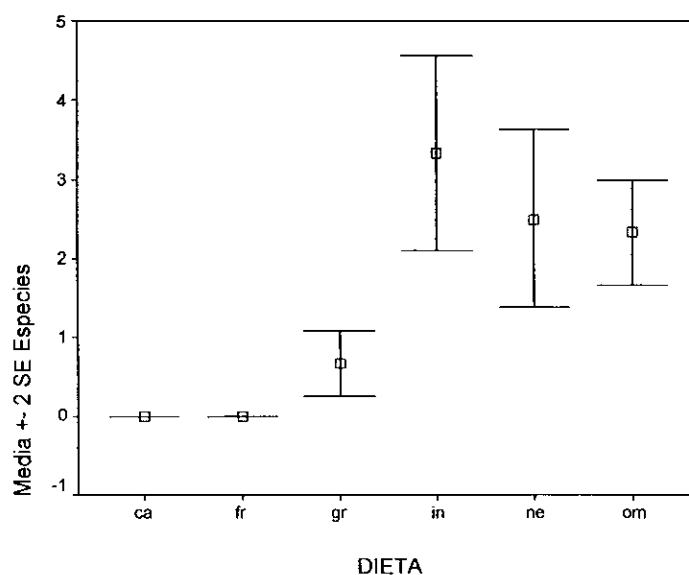
	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	0.69	-				
3	0.63	0.7	-			
4	0.60	0.66	0.70	-		
5	0.52	0.60	0.62	0.58	-	
6	0.37	0.47	0.61	0.42	0.30	-

Para este caso, los transectos más diferentes son nuevamente el 5 y el 6, seguidos por los transectos 1 y 6. Los transectos más similares entre sí desde el punto de vista cualitativo son en igual medida los transectos 2-3 y 3-4.

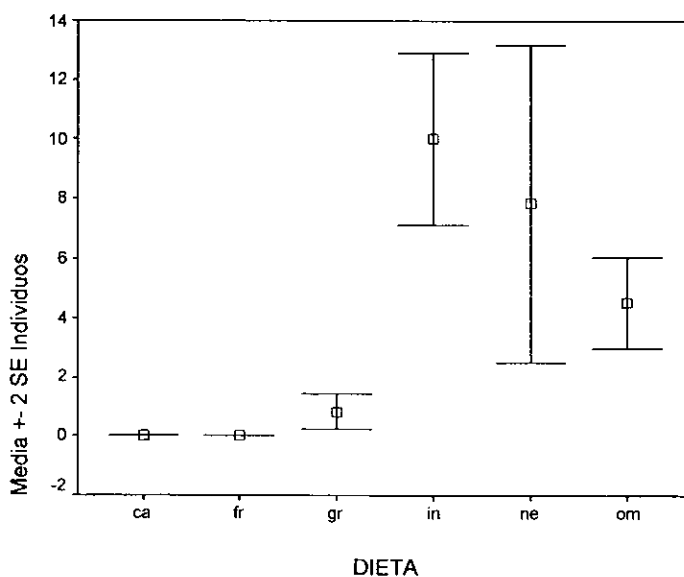
F. Hábitos alimenticios

Los hábitos alimenticios observados varían según se analicen por número de especies en cada categoría, número de individuos en cada categoría o método de muestreo. Al tomar en cuenta el número de especies, el grupo dominante fue siempre insectívoros, tanto en las capturas como en los puntos de conteo. De igual manera, los insectívoros fueron el grupo dominante cuando se analizaron los datos según individuos.

1. Gremios alimenticios en aves capturadas. Las gráficas 14 y 15 muestran que el gremio dominante es el de los insectívoros, tanto en cuanto a número de especies como en cuanto a número de individuos. Le siguen nectarívoros y omnívoros, y por último granívoros. En los otros dos gremios no se capturó ningún individuo. Puede observarse que el error estándar para los nectarívoros es mayor al tomar en cuenta los individuos que las especies, mientras que para los otros gremios éste se mantiene similar al comparar individuos con especies.

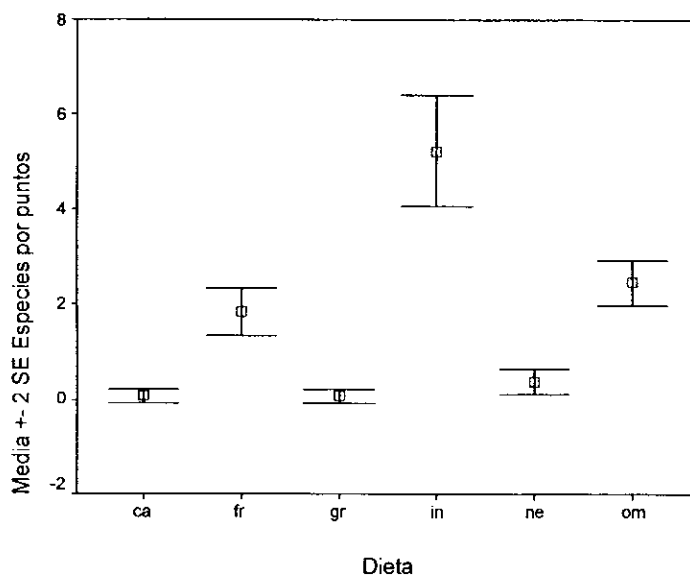


Gráfica 14. Media de especies en cada gremio alimenticio, para aves capturadas. Ca = carnívoros, fr = frugívoros, gr = granívoros, In = insectívoros, ne = nectarívoros, om = omnívoros

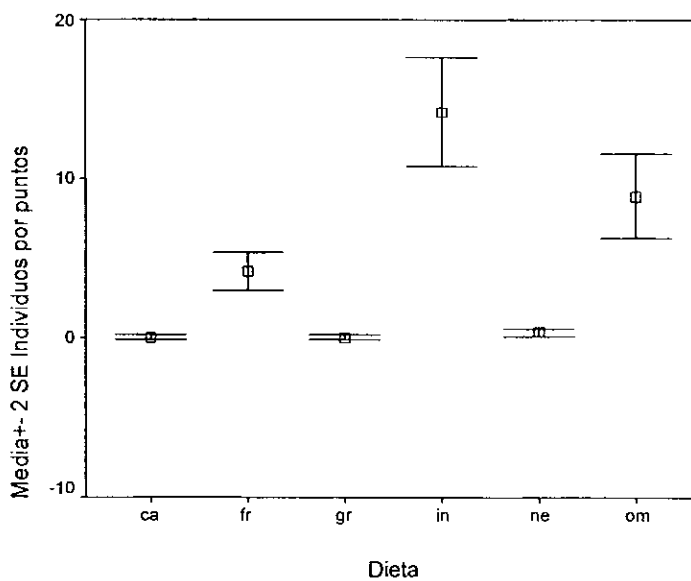


Gráfica 15. Media de individuos en cada gremio alimenticio, para aves capturadas. Ca = carnívoros, fr = frugívoros, gr = granívoros, In = insectívoros, ne = nectarívoros, om = omnívoros

2. Gremios alimenticios en aves registradas en puntos de conteo. A diferencia de los resultados observados en el inciso anterior, con los datos de puntos de conteo se tienen representantes de todos los gremios alimenticios. Nuevamente los insectívoros son el grupo mayor, tanto por número de especies como por número de individuos presentes en él. Le siguen los omnívoros y los frugívoros, en ese orden. Las gráficas 16 y 17 muestran los gremios alimenticios según medias de especies y de individuos para cada grupo.



Gráfica 16. Media de especies en cada gremio para aves registradas en puntos de conteo. Ca = carnívoros, fr = frugívoros, gr = granívoros, In = insectívoros, ne = nectarívoros, om = omnívoros

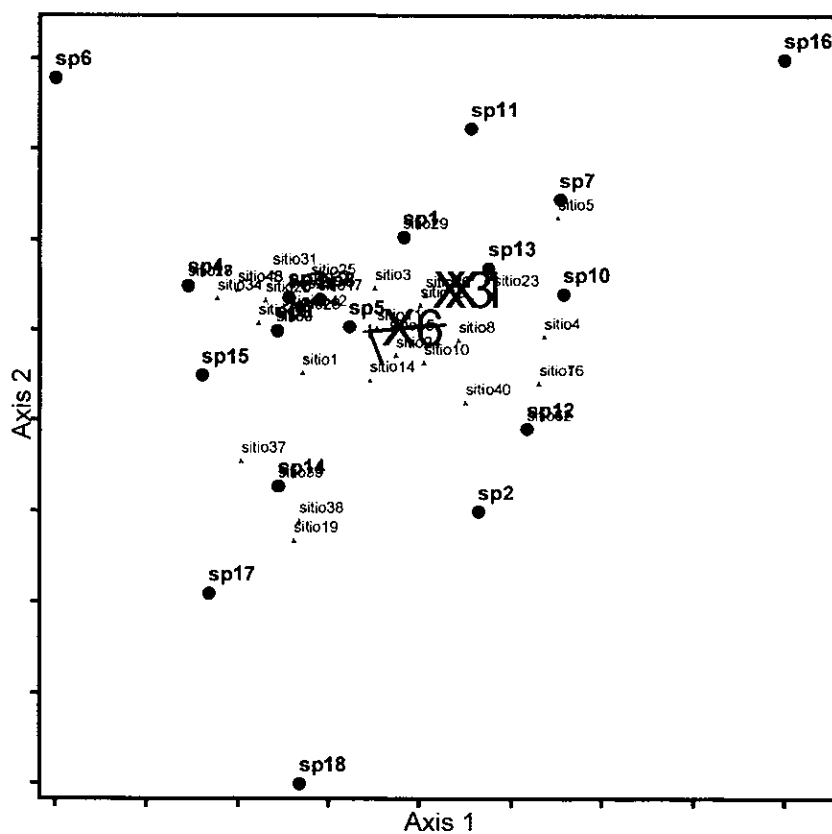


Gráfica 17. Media de individuos en cada gremio para aves registradas en puntos de conteo. Ca = carnívoros, fr = frugívoros, gr = granívoros, In = insectívoros, ne = nectarívoros, om = omnívoros

G. Avifauna y vegetación

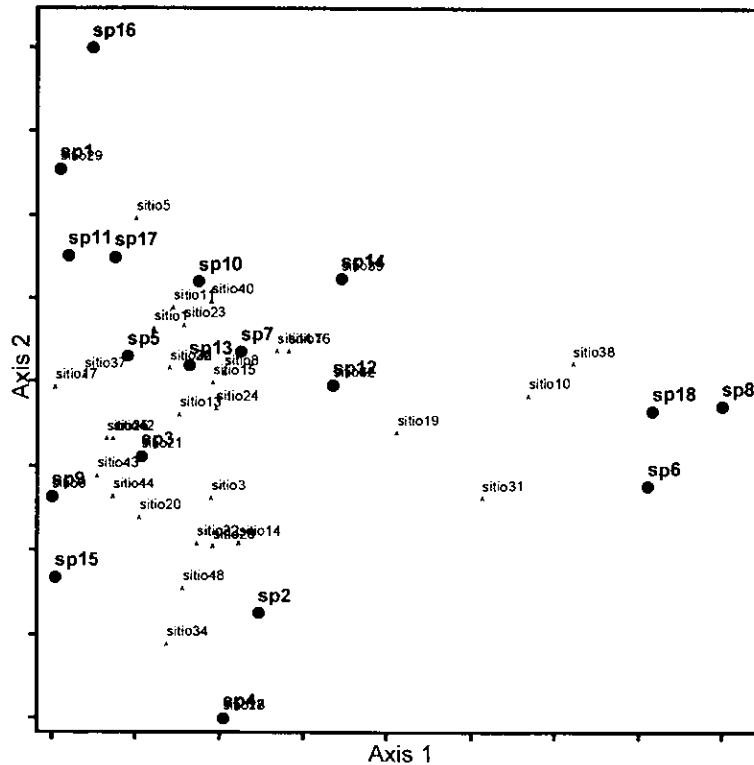
Para examinar si existía alguna correlación entre la vegetación y la avifauna encontrada, se llevó a cabo un análisis de correspondencia canónica (referirse a Sección V.C.5 para explicación), que permite observar de manera gráfica las relaciones que existen entre variables ambientales (o de vegetación en este caso), sitios de muestreo (transectos y redes) y especies encontradas. Las variables de vegetación seleccionadas fueron altura máxima y mínima de árboles, DAP máximo y mínimo de árboles, número de árboles caídos y cobertura del dosel. A continuación, (Gráfica 18) se tienen los resultados obtenidos del análisis de correspondencia canónica. Puede observarse que las variables seleccionadas no explican los resultados de presencia o ausencia de las especies. Las variables seleccionadas se comportaron en todos los sitios de manera muy homogénea; la variación fue realmente mínima. Las mediciones de vegetación pueden verse con detalle en el anexo 5, y puede verse también que las variaciones entre un sitio y otro fueron mínimas.

Por ejemplo, los resultados muestran que la cobertura del dosel en el bosque es muy homogénea. La cobertura máxima y mínima que se registró en el bosque nuboso estudiado es de 99.26% y 95.58% respectivamente, lo cual corresponde a una diferencia de 3.68% solamente.



Gráfica 18. Resultado del análisis de correspondencia canónica para las variables de vegetación, los sitios de muestreo y las especies de aves de Albores.

Se hizo también un análisis de correspondencia sin tendencias (rectificado), para ver si existen relaciones entre sitios de muestreo y especies encontradas. La Gráfica 19 muestra los resultados de este análisis.



Gráfica 19. Resultados del Análisis de correspondencia sin tendencias (rectificado) para sitios y especies de Albores.

Los números sp1...sp18, corresponden a las siguientes especies:

1=*A.brunneinucha*; 2=*A.rubiginosus*; 3=*B.belli*; 4=*C. frantzii*; 5=*Ch. ophthalmicus*; 6=*E.flavescens*; 7=*E.versicolor*; 8=*E.fulgens*; 9=*H.leucophrys*; 10=*L.amethystinus*; 11=*L.viridipallens*; 12=*L.rhami*; 13=*M.occidentalis*; 14=*M.unicolor*; 15=*P.villosus*; 16=*T.rufociliatus*; 17=*T.infuscatus*; 18=*T.plebejus*.

Aunque las especies 6, 8 y 18 parecieran estar correlacionadas con los sitios 10, 38, 31 y 19, no se encontró ningún patrón similar en dichos sitios, al analizar las variables de vegetación medidas en ellos.

VII. DISCUSIÓN

A. Métodos

1. Redes de niebla y puntos de conteo. Los dos métodos de colecta de datos que fueron usados (puntos de conteo y redes de niebla), tienen ventajas y desventajas. La combinación de varios métodos de muestreo optimiza la obtención de datos, ya que permite, al complementarse uno con otro, conocer más especies en una comunidad. Terborgh *et al.* (1990) sugieren la combinación de varios métodos para censar comunidades aviares adecuadamente. Asimismo, la selección de los métodos según los objetivos planteados, es primordial para el establecimiento y desarrollo de un programa de monitoreo (Ralph *et al* 1996). Aunque en este caso aún no se trata de un programa de monitoreo, es necesario que los métodos también sean seleccionados según los intereses del estudio, y que la combinación de éstos sea la óptima para cumplir con los propósitos de la investigación.

El muestreo por puntos de conteo suele ser de los más apropiados en la mayoría de los casos y ha sido adoptado como método estándar de monitoreo de aves (Ralph *et al* 1995, en Ralph *et al* 1996). Una de las mayores ventajas que tiene este método es que permite registrar las aves del dosel y que se pueden registrar especies de manera auditiva, lo cual es muy útil para detectar aves secretivas que son más fácilmente escuchadas que observadas. Sin embargo, éste método tiene desventajas. Sobretudo al tomar en cuenta que se ve influenciado por el grado de detectabilidad visual y auditiva de algunas especies. Por ejemplo, existen aves con voces muy bajas que no pueden ser escuchadas en largas distancias, y por ende, su presencia puede ser subestimada al utilizar éste método.

Las redes de niebla son altamente selectivas, ya que en su mayoría registran solo aves del sotobosque. También influyen en la selectividad de las mismas los siguientes factores (según Renner 2003): (1) la posición en el suelo, (2) la orientación de los 12 metros de red, ya que puede estar paralela o perpendicular a corredores de vuelo de aves territoriales, y (3) diferentes capacidades de visibilidad en las aves. Sin embargo, una ventaja del muestreo con redes de niebla es que permite anillar a las aves, con lo cual se pueden continuar estudios de sobrevivencia, productividad y monitoreo de las mismas. Otra gran ventaja del uso de redes de niebla en el estudio, es que permite hacer estimaciones más exactas de abundancias relativas, comparaciones en cuanto a biomasa, etc., entre las especies que fueron capturadas.

Hubo 19 especies que fueron registradas solamente mediante puntos de conteo y no se capturaron nunca, mientras que seis especies que fueron capturadas con redes no se registraron en puntos de conteo. Esto demuestra la importancia de utilizar más de un método de muestreo; al complementarse ambos, se conoce mejor el ensamble de la comunidad aviar de un lugar.

2. Período de muestreo. Los datos, tal como se indica en la sección anterior, fueron obtenidos en un período no migratorio en su mayoría y con abundantes lluvias. Ponciano (1998) realizó un estudio de la comunidad aviar de Albores en época seca y migratoria. A pesar de que ambos estudios no son comparables por no tener metodologías iguales, puede decirse que los resultados obtenidos en cuanto a la composición de la comunidad de aves son diferentes en ambos períodos. Estos resultados pueden complementarse de tal manera que se tenga un mayor conocimiento de las especies presentes en el bosque nuboso de Albores, tanto en época seca como en época lluviosa y migratoria y no migratoria.

Asimismo, Eisermann (2000) y Renner (2003) realizaron estudios de avifauna en bosques nubosos de Alta Verapaz, durante períodos superiores a un año. A pesar de que los datos del presente estudio sí son comparables con los del segundo autor, se necesitaría un período de muestreo más largo en Albores para que los datos fueran más parecidos en cuanto a esfuerzo de colecta en ambos sitios. La curva de acumulación de especies obtenida para el muestreo con redes y para puntos de conteo en Albores, muestra que todavía podrían registrarse más especies en días consecutivos.

B. Discusión de resultados

1. Estructura y composición de la avifauna

a. Especies observadas y esperadas. Se registraron 48 especies en total en el bosque nuboso estudiado. Las especies que podrían esperarse son aquellas que han sido registradas en un tipo de hábitat y altitud coincidente con Albores (ver Sección 2.A de los antecedentes para descripción del mismo), y que además han sido estimadas por los estimadores no paramétricos en el presente estudio. Al analizar las especies observadas contra las esperadas, se tiene que aún podrían registrarse varias más. La divergencia puede ser por efecto del muestreo, y porque no todas las especies propicias para vivir en éste hábitat estarán presentes en el área de

estudio. Por ejemplo, al analizar datos obtenidos en el bosque nuboso primario de Sierra Yalijux (Renner 2003), se tienen 66 especies, de las cuales 36 (55%) son compartidas con Albores, y otras 30 no se vieron ahora. De esas 30, 10 fueron registradas en otra época por Ponciano (1998), y las restantes 20 especies podrían esperarse en el área. El cuadro 12, a continuación, muestra algunas especies que podrían esperarse, según registros para Sierra Yalijux. Más adelante, en la sección VII. C, se hace una comparación más detallada entre la RBSM y Sierra Yalijux.

Cuadro 12. Especies no registradas en el presente estudio que podrían esperarse. También se marcan aquellas que ya fueron registradas anteriormente para el bosque nuboso de Albores.

Especies en Sierra Yalijux (Renner 2003) que no fueron registradas en este estudio y que podrían esperarse	Registradas por Ponciano (1998) para el área de Albores
<i>Ortalis vetula</i>	
<i>Geotrygon albifacies</i>	X
<i>Strix fluvescens</i>	
<i>Campilopterus hemileucurus</i>	
<i>Abeillia abeillei</i>	
<i>Hylocharis leucotis</i>	X
<i>Amazilia cyanocephala</i>	
<i>Atthis ellioti</i>	X
<i>Sclerurus mexicanus</i>	
<i>Zimmerius villissimus</i>	X
<i>Contopus pertinax</i>	
<i>Empidonax affinis</i>	
<i>Vireo plumbeus</i>	
<i>Corvus corax</i>	
<i>Thryothorus modestus</i>	
<i>Troglodytes musculus</i>	X
<i>Catharus aurantiirostris</i>	
<i>Turdus grayi</i>	X
<i>Melanotis hypoleucus</i>	X
<i>Vermivora chrysoptera</i>	
<i>Dendroica fusca</i>	
<i>Oporornis tolmiei</i>	
<i>Geothlypis poliocephala</i>	
<i>Euphonia elegantissima</i>	X

Especies en Sierra Yalijux (Renner 2003) que no fueron registradas en este estudio y que podrían esperarse	Registradas por Ponciano (1998) para el área de Albores
<i>Chlorophonia occipitalis</i>	
<i>Diglossa baritula</i>	X
<i>Atlapetes gutteralis</i>	X
<i>Aimophila rufescens</i>	
<i>Saltator atriceps</i>	
<i>Carduelis notata</i>	

b. Familias registradas y su biogeografía. Se obtuvieron individuos que en conjunto representan 21 familias. Tal como se observa en la Gráfica 1 de los resultados, la mayoría de especies pertenecen a la familia Parulidae (antes subfamilia de Emberizidae) y a las familias Turdidae y Trochilidae. Se observa que la mayoría de familias están representadas solo por una o dos especies, lo que concuerda también con el modelo de abundancia de especies (sección 6.2), en el que la mayoría de éstas están representadas por uno o dos individuos.

Abajo, el Cuadro 13 muestra las familias encontradas con referencia a su afinidad continental o región zoogeográfica. La mayoría de familias son cosmopolitas o neotropicales, y se observa que ninguna es exclusivamente neártica. Se infiere entonces que el ensamble de la comunidad de aves en el bosque nuboso de Albores puede ser clasificado como tropical o neotropical. Posiblemente al hacer un muestreo en época migratoria se agregarían algunas familias de origen neártico, pero esto no cambiaría el patrón general. Tal como lo han mencionado varios autores (e.g. Brown y Lomolino 1998), mucha de la importancia de la biodiversidad de Centroamérica reside precisamente en el hecho de que es un puente de unión entre la fauna neotropical y neártica. La formación del puente entre norte y sur América fue un evento importante para la biogeografía, ya que olas de migración a través de este puente, afectaron la diversidad y composición de las faunas neártica y neotropical (Brown y Lomolino 1998). La división entre las regiones faunísticas neotropicales y neárticas, yace justamente al sur de la meseta de México según Cox *et al* (1976).

Cuadro 13. Familias registradas en el bosque nuboso de Albores y su afinidad continental (según Howell y Webb 1995 y Renner 2003).

Región zoogeográfica	Familias	Géneros	Especies
Neotropical	Momotidae	1	1
	Furnariidae	1	1
	Pscittacidae	1	1
	Thraupidae	1	1
	Cracidae	2	2
	Dendrocolaptidae	2	2
	Trochilidae	3	4
	Ramphastidae	1	1
	Tyrannidae	3	3
Cosmopolita	Strigidae	1	1
	Columbidae	2	2
	Caprimulgidae	1	1
	Accipitridae	1	1
	Apodidae	2	2
	Picidae	2	2
	Emberizidae	2	2
	Corvidae	3	3
Neártica o centroamericana	Turdidae	3	5
	Troglodytidae	2	2
Cosmopolita y pantropical	Parulidae	7	8
	Trogonidae	2	3

c. Diferencias entre transectos y distribución agrupada de las comunidades. Tal como se observa en la Gráfica 2 y Cuadro 4 de los resultados, existieron diferencias en cuanto a número de especies e individuos capturados en cada transecto de redes de niebla. Fue en el transecto 2 en donde se registraron más especies, más individuos y mayor biomasa, mientras que en los transectos 6 y 5 se registró el menor número de especies e individuos respectivamente. Los transectos 1, 4 y 3, en ese orden, son en los que se capturaron más especies e individuos después del transecto 2.

Las divergencias observadas pueden explicarse debido a varios factores que tienen que ver con la estructura y funcionamiento de la comunidad de avifauna en un bosque. Naturalmente, las especies de aves no se encuentran uniformemente distribuidas a lo largo y ancho de un bosque, sino más bien se encuentran distribuidas de manera desigual –distribución agrupada–.

Todos los ambientes naturales presentan esta distribución agrupada de especies, ya sea que se estudie la fauna viviendo en un solo árbol o en el bosque entero (Hilty 1994). Terborgh *et al.* (1990), en su estudio realizado en un bosque del sur de Perú, encontraron que la alta diversidad que se registró en algunos puntos no ocurría a lo largo de todo el bosque y que incluso descendía hasta la mitad en algunos lugares. De igual manera, algunas aves tienen corredores de paso y territorios establecidos, que pueden o no coincidir con los puntos específicos en los que se está muestreando.

La ecología de *metapoblaciones*, además del concepto de distribución agrupada también permite dar explicaciones para el fenómeno de más y menos aves en ciertos lugares del bosque y de las divergencias en registros de aves a lo largo del área de estudio. En un área determinada pueden encontrarse varios “parches” de distribución que coinciden o no con los puntos específicos de muestreo (Figura 3) y puede darse el caso de que los rangos de distribución local de una determinada metapoblación no coincidan en absoluto con los lugares en los que se muestrea. En el peor de los casos, una metapoblación de una determinada especie puede ni siquiera estar presente en el área, y por ende, no ser registrada. La figura a continuación ilustra que también dentro de los parches de presencia de poblaciones, los individuos están distribuidos de manera heterogénea.

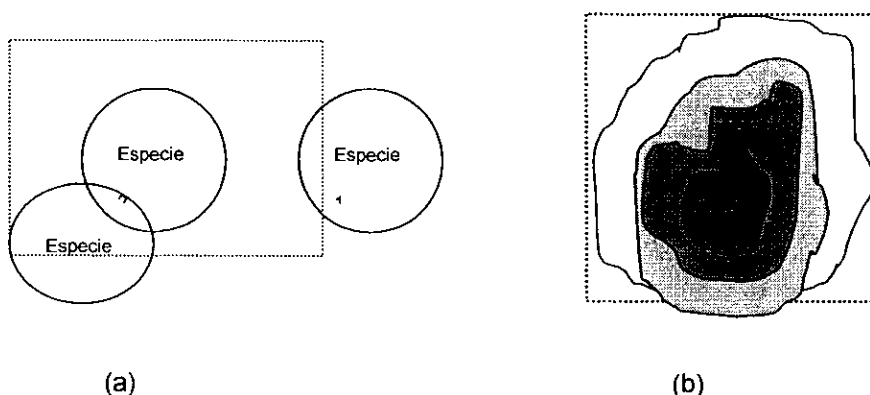


Figura 3. (a) Influencia de distribución agrupada y metapoblaciones en las técnicas de muestreo. La línea punteada simboliza el área de muestreo hipotética. (b) heterogeneidad de abundancia de una especie hipotética. Los diferentes tonos de gris indican abundancias distintas (simplificado de Hanski 1999 en: Renner 2003).

Otra de las explicaciones para la baja captura de aves especialmente en el transecto 5, puede deberse a la posición y ubicación de las redes de niebla (revisar desventajas de redes, Sección VII. A). En el transecto 5, la brecha de las redes era mas amplia y permitía que penetraran más rayos de luz al sotobosque, lo cual hacía que las redes fueran visibles algunas veces. En el Cuadro 4, se puede ver que también el mayor número de redes con cero capturas, se encuentran en los transectos 5 y 6. Existen entonces varias posibles explicaciones para la baja tasa de capturas en los dos últimos transectos: ausencia de corredores de paso, ausencia de territorios de aves, visibilidad de las redes de niebla, dirección de las redes en relación con la pendiente, etc. Por el contrario, se observa también en el Cuadro 4, que el transecto 2 es donde más individuos se capturaron en una sola red (nueve individuos).

Aún dentro de un mismo transecto se observan diferencias en el número de individuos capturados por red. Por ejemplo en los transectos 4 y 2, se tiene una diferencia de 8 individuos en las redes con menor y mayor número de individuos capturados. Tal como se mencionó arriba, aún dentro de los mismos parches de presencia de poblaciones, los individuos están distribuidos de manera heterogénea (Figura 3), por lo que las capturas en una misma zona (transecto) pero en diferentes puntos de la misma no deben esperarse similares.

A partir de los resultados obtenidos, y para optimizar los mismos en un futuro, se podría enfatizar el esfuerzo en aquellos transectos en donde se encontraron más número de especies (transectos 1 al 4), y quizá disminuir el esfuerzo en los últimos dos transectos, ya que parecen no coincidir mucho con áreas de paso o territorios de aves y por lo tanto se obtienen pocos registros. Para no eliminar por completo transectos, se recomendaría crear otros dos transectos que sean sustitutos de aquellos que se les ha disminuido el esfuerzo de colecta. Quizá valdría la pena intentar un transecto en áreas de borde (por ejemplo donde se interrumpe el bosque para dar cabida a las cabañas de Albores), donde se cree que podría ser un área importante para registrar aves.

2. Modelo de abundancia de especies. Es evidente que la comunidad de aves estudiada mediante las capturas con redes de niebla está ajustada a un modelo logarítmico (logseries y lognormal son los modelos que se ajustan con más probabilidad, ver sección VI. B). Una cualidad característica de las comunidades es que contienen pocas especies que son comunes y comparativamente grandes números de especies que son raras (Krebs 1998). La serie logarítmica implica que el mayor número de especies tiene abundancias mínimas y que el número de especies representadas por un solo individuo es máximo. La distribución lognormal,

así mismo, se ajusta a una gran variedad de datos de muchas comunidades (Preston 1948, 1962 en: Krebs 1998) y se supone que es característica de cualquier comunidad en particular (Krebs 1998).

En el caso de la comunidad de aves para la cual se ajustó el modelo, se tiene que solamente tres especies comunes tienen más del 50% de todas las capturas. (O dicho de otra manera, el 54% de individuos capturados, pertenecen a solamente tres especies).

La importancia de describir a cual modelo de distribución se ajusta una determinada comunidad radica en que puede ser utilizado como línea base para un futuro, cuando se quiere por ejemplo restaurar un bosque y se pretende recuperar la estructura original de una comunidad. También menciona Krebs (1998) que estas predicciones pueden servir como modelo nulo para comparar con diferencias observadas entre distintas muestras.

3. Diversidad

a. Heterogeneidad y Equitatividad. Se obtuvieron los índices de Shannon-Wiener (H') para cada transecto con el fin de poder comparar de forma objetiva la heterogeneidad en cada transecto. Éstos fueron analizados como la media de varios índices obtenidos en cada una de las repeticiones de los transectos. El índice de Shannon es una medida de incertidumbre. Una comunidad con solamente una especie en ella no tiene incertidumbre y $H' = 0$ (Krebs 1998). A pesar de que no se obtuvo ninguna diferencia significativa (Anova, sección VI.C.1) en cuanto a los valores de diversidad de H' entre los transectos, se observa que los transectos con menor y mayor valor de H' son el 6 y el 2 respectivamente, lo cual concuerda con mayor y menor número de especies e individuos encontrados en transectos (sección VII.B.1).

Debido a que se utilizaron los valores de las repeticiones para saber el H' en cada transecto, también fue posible hacer una gráfica de barras de error (Gráfica 7), para observar el error estándar de la media que existe alrededor de cada valor del índice. Puede verse que el transecto 2, además de tener el valor más alto de H' , tiene el menor error estándar de datos. Es decir, que en todas las ocasiones, el valor obtenido para el índice fue similar y cercano a la media que se tiene al final (los valores medios exactos se encuentran en el anexo 4). Por el contrario, el transecto 6 además de tener el valor más bajo de H' tiene la mayor desviación, indicando que los valores usados para sacar la media fueron menos uniformes. Nuevamente, a pesar de ciertas diferencias observadas, las desviaciones estándar no difieren mucho entre los transectos.

Con el fin de comparar la equitatividad de la comunidad de aves en cada transecto, se obtuvo el índice de equitatividad E1 (descripción en Sección VI.C.3). Nuevamente, al igual que en el caso de la diversidad Shannon-Wiener, no se obtuvieron diferencias significativas entre los transectos en cuanto a la media de los valores de equitatividad E1.

Los índices, al igual que el modelo de abundancia de especies, son funciones matemáticas que deben tener una aplicación práctica para que se vuelvan útiles. De igual manera que los modelos de abundancia de especies, los índices de diversidad discutidos aquí pueden ser útiles como modelos nulos contra los cuales comparar con distintas muestras. Por ejemplo, al llevar a cabo nuevamente el muestreo en época seca o en época migratoria, resultaría valioso e interesante comparar de manera objetiva las diferencias –si es que las hay– en cuanto a la heterogeneidad y equitatividad de los transectos muestreados en el bosque nuboso en diferentes períodos. También puede ser útil comparar éstos resultados con los obtenidos por otros investigadores en otros bosques nubosos (e.g. Renner 2003).

Se debe tener en cuenta que los resultados de esta sección se refieren a la estructura de la comunidad de aves capturada en cada transecto, y no a la composición de la misma. Un diagrama ilustrativo (Figura 4), muestra las diferencias entre ambos términos: los dos cuadros tienen igual estructura, pero su composición es distinta.

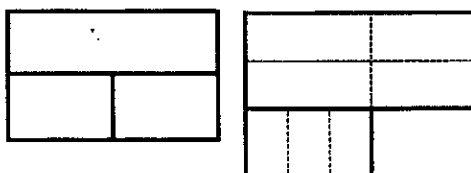


Figura 4. Diagrama ilustrativo que muestra la diferencia entre estructura y composición. Ambos cuadros tienen una estructura igual, pero su composición es diferente.

4. Riqueza de especies. Las 48 especies que pudieron ser registradas en Albores, mediante capturas, puntos de conteo u ocasionalmente, representan una porción de la comunidad aviar total que existe en este bosque. No es posible conocer con exactitud el número de especies presentes en un área determinada. Lo que sí puede aseverarse es que generalmente la diversidad de especies de aves disminuye con la altura y con la latitud² (Gentry 2001; Brown y Lomolino 1998), por lo que la riqueza de especies será menor en un bosque nuboso como el de la Sierra de las Minas que en bosques de tierras más bajas. Por eso, los

² Los bosques montañosos de América central, como sus equivalentes de tierras bajas, son generalmente menos diversos que los bosques similares de Suramérica (Gentry 2001).

estimadores de la riqueza de especies utilizados, son solamente eso –estimadores – de la riqueza total que podría esperarse en el área muestreada, mediante redes de niebla. En el Cuadro 6 (sección VI.C.2) pueden verse las estimaciones realizadas. Éstas sugieren que el muestreo fue bueno porque el número máximo de especies estimadas es 24, solamente 6 más de las detectadas en las capturas.

En cuanto a su patrón general, un buen estimador parece ser Chao 1, ya que a lo largo de todo el eje (Gráfica 8) muestra un comportamiento similar al de la curva de especies observadas, y al finalizar la gráfica es el que más se acerca a lo que se obtuvo (19.78 especies estimadas contra 18 capturadas). El estimador ACE también es similar en su patrón a la curva de especies observadas y no sobreestima demasiado el número de especies nuevas posibles (solamente dos más).

Se utilizaron varios estimadores debido a que cada cual tiene cualidades distintas. Los nuevos índices ACE e ICE fueron establecidos en 1994 debido a que los estimadores Chao subestimaban los números de especies. Aquí, estos dos índices parecieran estar también acordes a la realidad ya que la sobreestimación que hacen del número de especies no es desproporcionadamente alta. Pareciera cierto que el estimador Chao 1 subestima el número de especies, ya que es poco probable que solamente una especie más pueda ser capturada en las redes. Probablemente el mejor de todos los estimadores que se utilizaron es el que estima más número de especies, (Jackknife 2), ya que es altamente probable que seis especies más pudieran ser capturadas en las redes de niebla si se sigue el patrón de muestreo utilizado hasta ahora.

5. Dominancias. Los resultados de dominancias obtenidos se refieren a la época del año en la que se llevó a cabo el estudio. Los movimientos de migración y la estacionalidad afectan la dominancia a lo largo del año, pudiendo estar relacionados a que la vegetación cambia en diferentes períodos del año. Por ejemplo, en época de alta floración o de fructificación podrían esperarse diferentes abundancias de especies que hacen uso de éstos recursos.

Las dominancias presentadas en los resultados, tanto para las aves capturadas como para las registradas en puntos de conteo, se refieren a la abundancia relativa media de cada especie. De esta manera, los datos de dominancias son aplicables al bosque nuboso de Albores y no están sesgados por el efecto de una trampa, o día de conteo. Si no se sacaran las abundancias medias, podría darse el caso que altas o bajas abundancias para ciertas especies influidas por factores como condiciones climáticas, ubicación y dirección de redes, etc., alterara las abundancias relativas verdaderas.

a. Dominancia de aves capturadas. Con redes de niebla, la especie más común fue *Basileuterus belli*, con 34 capturas, seguida de *Lampornis amethystinus* y *Lamprolaima rhami*. Las cinco especies más comunes en las capturas clasificadas en la categoría de dominantes, se muestran en el Cuadro 14, junto con las cinco especies más comunes para puntos de conteo, también clasificadas como dominantes (a excepción de la última que es subdominante).

Cuadro 14. Especies más comunes con ambos tipos de muestreo. Entre paréntesis se muestra su dominancia en porcentaje (abundancias relativas).

Cinco especies más comunes con redes de niebla	Cinco especies más comunes en puntos de conteo
<i>Basileuterus belli</i> (25.3%)	<i>Turdus plebejus/infuscatus</i> (19.3%)
<i>Lampornis amethystinus</i> (13.6%)	<i>Myadestes occidentalis</i> (12.9%)
<i>Lamprolaima rhami</i> (12.5%)	<i>Henicorhina leucophrys</i> (12.6%)
<i>Catharus frantzii</i> (11.9%)	<i>Bolborhynchus lineola</i> (11.0%)
<i>Henicorhina leucophrys</i> (11.2%)	<i>Basileuterus belli</i> (7.4%)

Para el caso de las capturas, puede verse que uno de cada cuatro individuos era un *B.belli*, ya que cuenta con una dominancia de 25% (Fotografía en Anexo 8). En realidad esta ave era la que se observó siempre con más frecuencia también de forma ocasional y a casi todas horas a lo largo de los senderos del bosque. *Catharus frantzii* fue la única especie que fue capturada en todos los transectos, por lo menos una vez. Las otras cuatro especies de la categoría de dominantes fueron capturadas en cinco de seis transectos. A pesar de que todas estas cinco especies capturadas pertenecen a la misma categoría, por la experiencia en el campo puede decirse que *B.belli* es la especie más común. Además, la especie que le sigue en dominancia tiene un valor de abundancia relativa que desciende hasta casi la mitad del valor para la primera especie.

b. Dominancia de aves por puntos de conteo. Las cuatro especies más comunes para puntos de conteo, que pertenecen a la categoría de dominantes, tienen una alta detectabilidad auditiva. De hecho, la mayoría de las detecciones para estas especies fueron hechas de esta forma. Para el caso de *Turdus plebejus* / *T.infuscatus* se tomaron juntas estas dos especies debido a que sus llamados son bastantes similares, y porque la hembra de *T. infuscatus* es muy similar a *T. plebejus* y son especialmente complicadas de distinguir en la distancia (sólo difieren en el color de las patas). El complejo *Turdus plebejus* / *T.infuscatus* fue el único que se detectó todos los días de puntos de conteo. *Myadestes occidentalis* y *Bolborhynchus lineola* fueron detectadas en 12 de 13 días de puntos de conteo, y *H. leucophrys* no fue detectada en

solamente dos días de muestreo. *B.belli*, con este método es clasificado como subdominante (abundancia menor a 10%), lo cual puede explicarse a que no es un ave típicamente muy canora y forrajea comúnmente en estratos altos del bosque, lo que no la hacía tan visible siempre.

c. Divergencias observadas entre ambos métodos. Como puede observarse en el cuadro anterior y en la Sección VI.D, existen diferencias en la estructura de las dominancias según el método de muestreo. Estas divergencias se deben seguramente a factores como detectabilidad auditiva, visual, utilización de los estratos del bosque por las diferentes especies, etc. Dos especies coinciden entre las cinco más comunes con ambos métodos de muestreo: *B.belli* y *H.leucophrys*, por lo que pueden considerarse dos especies verdaderamente comunes y con altas probabilidades de ser registradas con regularidad en el bosque nuboso de Albores.

Algunas especies pueden ser sobreestimadas o subestimadas en cuanto a su dominancia según el método. Por ejemplo, las especies de colibríes, pueden ser subestimados con los puntos de conteo ya que son difíciles de ver si no se mueven, y cuando lo hacen, es algunas veces demasiado rápido para identificarlos. Así, dos especies de colibríes resultan ser dominantes según las capturas, pero en los puntos de conteo una de ellas ni siquiera fue cuantificada y la otra tiene apenas 1.8% de abundancia relativa. Los guardabarrancos (*Myadestes occidentalis*) son más abundantes con puntos de conteo que con las redes de niebla, y esto se debe, como se dijo antes, a que son altamente detectables mediante su canto. El canto de los guardabarrancos puede escucharse prácticamente siempre y aún a largas distancias en el bosque.

d. Especies poco comunes. Para el caso de aves capturadas, las cinco especies más comunes tienen en conjunto una abundancia relativa de 74.5%. Esto quiere decir que prácticamente $\frac{3}{4}$ de todos los individuos capturados pertenecen a una de estas cinco especies, dejando el 25% restante para ser compartido por las 13 especies restantes (proporcional al 1.9% para cada una). En el caso de puntos de conteo, las cinco especies más comunes tienen en conjunto una dominancia de 63.2%, dejando el 37% restante para ser compartido por 30 especies (proporcional a 1.2% para cada una). Esto concuerda con el modelo Logseries y lognormal discutidos antes, y se tiene así que la mayoría de especies con ambos métodos recaen en la categoría de poco común. En el Cuadro 15, se ve que el número de especies que cuentan con solo uno o dos registros es bastante alto (44% y 58% para capturas y puntos respectivamente), lo cual implica que hay muchas especies raras o de hábitos raros en el bosque nuboso de Albores.

Cuadro 15. Número de especies singletes y dobletes³ y su proporción sumada con respecto al total de especies registradas con ambos métodos de muestreo.

	Redes de niebla	Puntos de conteo
Singletes	4	11
Dobletes	4	7
Total	8 (44%)	18 (58%)

6. Análisis de similitud entre transectos. El análisis de similitud entre transectos que se hizo con los índices de Morisita-Horn, Sørensen y Bray-Curtis, refleja la similitud en cuanto a la composición de aves en los transectos (composición diferente a estructura, Figura 4). Por esto, las relaciones entre los transectos son diferentes que cuando se comparan según los parámetros de riqueza, diversidad, biomasa, etc., discutidos antes.

Es importante hacer este análisis, además de las comparaciones por estructura, ya que aquí se pueden dilucidar diferencias específicas por presencia o ausencia de especies. Por ejemplo, una localidad que tenga gran abundancia de la especie X, será igual en estructura que otra localidad que tenga igual abundancia de la especie Y. Con este análisis de similitud se puede poner en claro que no es lo mismo tener 100 individuos de la especie X que tener 100 de la especie Y.

El análisis cuantitativo muestra resultados bastante similares con ambos índices (Morisita-Horn y Bray Curtis, ver sección 6.5.1): los transectos más similares son el 1 y el 2, y los que difieren más entre sí en su composición son el 5 y el 6. En el dendrograma (Gráfica 13), pueden verse otras relaciones de similitud entre los transectos: el transecto 3 y 4 son también similares, y entre sí, mas parecidos al 6 que al transecto 5.

³ Singletes: especies registradas una sola vez; dobletes: especies registradas solo dos veces.

Los datos obtenidos con el índice cualitativo de Sørensen son muy parecidos a los obtenidos con los índices cuantitativos, y puede concluirse que los transectos más similares son 1-2, 3-4, mientras que los transectos 5 y 6 son los más diferentes.

Muestrear los transectos más diferentes entre sí daría un mayor espectro de las aves presentes en la comunidad. Es decir, que si se tuvieran que eliminar los muestreos en algunos de los transectos por razones de tiempo, esfuerzo, o recursos, se recomendaría eliminar uno de dos transectos que son más similares entre sí, y que éste a la vez fuera menos exitoso en los otros parámetros de estructura medidos (riqueza, diversidad, etc.). Las diferencias en composición observadas en los transectos pueden explicarse nuevamente por la distribución agrupada de las comunidades del bosque (sección VII.B.1).

7. Hábitos alimenticios. El análisis de hábitos alimenticios varía según se tomen en cuenta individuos, especies, datos de capturas o datos de puntos de conteo. Sin embargo, en todos los casos, el gremio de los insectívoros fue dominante.

Al igual que en casos anteriores, los gremios alimenticios muestran la media del número de individuos y especies que se tuvieron para cada transecto o día de puntos de conteo, de manera que los resultados puedan aplicarse al bosque de Albores y no tengan sesgo por efecto de trampa.

Con los datos de capturas se tuvo registros para cuatro de los seis gremios alimenticios totales, ya que ningún carnívoro ni frugívoro fue capturado. En las gráficas de barras de error (gráficas 11 y 12) puede verse que los nectarívoros y los omnívoros fueron los siguientes en abundancia y que los granívoros estuvieron rezagados. Los nectarívoros tienen el mayor error estándar cuando se consideran los individuos. Esto significa que el número de individuos de éste gremio fue más variable entre los transectos que el número de especies encontradas.

De acuerdo a los datos de puntos de conteo, también los insectívoros son dominantes, tanto por especies como por individuos, seguidos por omnívoros y frugívoros. Cabe resaltar que con éste método si se reportan especies para todos los gremios, lo cual permite hacer hincapié nuevamente en la importancia de combinar varios métodos de muestreo (de lo contrario se está dejando de registrar una buena proporción de la comunidad).

Ponciano (1998), encontró también que los insectívoros son el gremio dominante. En su muestreo, el segundo gremio más abundante fueron los frugívoros. Debido a que la fruta no está

siempre disponible de manera uniforme (Hilty 1994), se puede inferir que esto se relaciona con la época en la que muestreó: época seca migratoria, ya que en ésta temporada puede haber más fructificación y más individuos llegando a utilizar éste recurso. Es importante resaltar que ambos estudios, a pesar de haber sido realizados en épocas distintas del año, coinciden en que los insectívoros son el gremio dominante. Eisermann (2000) encontró en el bosque de Sierra Caquipec (Alta Verapaz), el mismo patrón en que los insectívoros son dominantes. Este gremio alimenticio puede ser considerado un grupo clave en el ensamble de especies (Meffe y Carroll 1994) en el bosque nuboso de Albores.

La distribución de las especies en los distintos gremios alimenticios y las proporciones en que se presentan, demuestran que el bosque natural tiene un potencial más alto para ser portador de especies insectívoras especialistas (Renner 2003 y Hilty 1994), mientras que en los bosques perturbados pueden existir más especies generalistas que especialistas. Dicho de otra forma, en bosques nubosos primarios, como el de Albores, muchas especies tienen una tendencia a ser especialistas, porque los recursos existen. Por el contrario, en áreas perturbadas, algunas han expandido su dieta. Las diferencias estacionales en la cantidad de recursos pueden influir también el comportamiento de aprovisionamiento de algunas especies (Hilty 1994).

Las aves frugívoras y sus actividades tienen grandes impactos en los bosques. Este gremio de aves (y los murciélagos), son los dispersores de semillas más útiles en los bosques tropicales. Son móviles y es muy probable que se lleven las semillas a otras locaciones. Con toda seguridad, habría un impacto negativo sobre el bosque al carecer de aves frugívoras (Hilty 1994). De igual manera, las especies insectívoras juegan un papel clave en los bosques.

Se hace evidente que la importancia de la conservación de las especies va mucho más allá de la conservación de sus poblaciones: queremos conservar también los servicios que nos prestan. (¿Cuánto costaría eliminar insectos plaga y dispersar semillas en grandes áreas boscosas, por medios artificiales? ¿Sería factible?)

8. Avifauna y vegetación. La diversidad en los tipos de vegetación contribuye grandemente a la riqueza biótica general de una región; las distribuciones de especies aviarias y la diversidad de comunidades de aves, son altamente dependientes de la estructura de la vegetación (MacArthur y MacArthur 1961, en Brown y Lomolino 1998)

Se asevera entonces que la estructura de la vegetación determina la comunidad presente en ella (Hilty 1994; Confer 2003 y Pearson 1975 en Renner 2003). Sin embargo, en este estudio, las variables de vegetación seleccionadas no explican la presencia o ausencia de las especies de aves capturadas (CCA, Gráfica 18). Con base en los hechos mencionados arriba sobre la relación entre vegetación y especies, puede asegurarse que existen variaciones en la vegetación más sutiles o que no fueron medidas que pueden explicar la presencia de las aves (guardar alguna correlación).

Pequeñas depresiones en el suelo, tasa de recambio del bosque, entre muchos otros, son factores que pueden afectar la distribución de la comunidad de aves en un área. A pesar de que las relaciones entre la avifauna y la vegetación no se han dilucidado totalmente, sí puede decirse que la distribución de los organismos no es al azar (Hilty 1994). Asimismo, la matriz que rodea al área de estudio también puede ser determinante para la presencia o ausencia de ciertas especies en el bosque estudiado (Renjifo 2001 en: Renner 2003).

En el análisis de correspondencia sin tendencias (Gráfica 19), pareciera que existe cierta relación entre algunas especies y sitios de muestreo. Sin embargo, al examinar variables de vegetación en estos sitios aparentemente relacionados, no se encontró ningún patrón que los hiciera agruparse o que los diferenciara de todo el resto de los sitios de muestreo. Por esta razón se concluye que con las variables vegetacionales medidas no puede explicarse la presencia de las especies capturadas.

C. Comparación entre Sierra de las Minas y Sierra Yalijux

Sierra de las Minas y Sierra Yalijux son dos cadenas montañosas del país que se encuentran separadas por el valle del río Polochic, encontrándose la primera 20 kilómetros al sur de la otra. En la parte más elevada de ambas se encuentran áreas de bosque nuboso. (Fotografía en Anexo 8). El estudio sobre la comunidad de aves realizado por Renner (2003) en el área de Chelemhá, en la Sierra Yalijux se utiliza aquí para hacer comparaciones con los resultados obtenidos en Albores.

Es posible llevar a cabo esta comparación ya que las dos áreas de estudio se encuentran a una altura de 2550 mSNM y la metodología utilizada para capturar las aves fue igual en ambos casos. En ésta comparación se hace énfasis en los datos cualitativos, especialmente porque los dos estudios no se hicieron simultáneamente, y se limita el tipo de comparaciones que pueden hacerse. La mayoría de análisis se hace basándose en los datos de capturas con redes de

niebla, ya que el método de puntos de conteo no fue aplicado en Chelemhá (en su lugar se hicieron conteos en transectos).

1. Especies registradas. 66 especies de aves fueron registradas en el bosque nuboso de Chelemhá durante el periodo de estudio (mayo a agosto 2001 y marzo a agosto 2002). De estas especies, 36 fueron también registradas en Albores durante el presente estudio y otras 20 no se registraron ni en el presente estudio ni por Ponciano en 1998 (Cuadro 12 en sección VII.B.1), pero podrían ocurrir al llevar a cabo un muestreo más largo e intensivo. Un total de 12 especies fueron reportadas en este estudio que no se detectaron nunca en Chelemhá, y dos de éstas especies son de más interés: *Spizaetus ornatus* (águila elegante) y *Oreophasis derbianus* (pavo de cacho).

El pavo de cacho se encuentra extinto en Sierra Yalijux según fuentes locales. Esta es una especie sensible a la perturbación del bosque (Stotz *et al* 1996), por lo que su presencia en la RBSM puede ser un indicador de la salud del ecosistema. Esto sugiere que el bosque nuboso de la sierra Yalijux, al encontrarse bajo más presión, ya no puede soportar poblaciones de ésta ave.

Las diferencias en cuanto a presencia o ausencia de ciertas especies, como las mencionadas arriba, pueden explicarse por el diferente grado de conservación en ambos bosques. En Chelemhá no existe una zona de amortiguamiento que separe el área de alta influencia humana y el bosque nuboso. Es decir, que la presión hacia el bosque es mayor, sumado a que éste es mucho más pequeño que el de la RBSM. Esto además de explicar la ausencia de algunas especies sensibles, también explica la ausencia de grandes predadores que requieren áreas más grandes para encontrar a sus presas, y no ven satisfechas sus necesidades alimentarias en las áreas pequeñas del bosque de Chelemhá.

2. Riqueza. Tanto en el bosque nuboso de Albores como en Chelemhá, la riqueza de especies parece no haber alcanzado el máximo. De hecho casi nunca se podrá conocer en un 100% a todas las especies presentes en una comunidad, pero sí pueden darse estimaciones de lo que podría esperarse según los patrones que se han tenido. Según los datos de capturas, en Chelemhá se estiman por lo menos cinco especies más y en Albores seis. Para ambos casos, los resultados sugieren que el muestreo fue bueno, ya que los estimados de especies que podrían esperarse no son muy grandes. Está claro que si se toman en cuenta los datos de puntos de conteo (y de censado en transectos en el caso de Renner), el número de especies que no fueron registradas y que podrían esperarse, aumenta.

La proporción de singletes y dobletes (capturados) suman en Chelemhá un 51%, mientras que en albores alcanzan 44%. Esto indica que en ambos bosques la proporción de especies raras, difíciles de colectar o de hábitos raros representan una considerable porción.

Vale la pena comentar que en Chelemhá se muestreó también en el bosque secundario adyacente al bosque nuboso y que se obtuvo mayor riqueza en la parte fragmentada. Tal como lo menciona Noss (1983, en Meffe y Carroll 1994), la fragmentación puede incrementar la riqueza pero favorece a especies de maleza sobre las sensibles. Una de las conclusiones importantes de Renner es que el bosque secundario no podría soportar las poblaciones de aves del bosque primario por no poseer las características del hábitat necesarias para ellas. Esto es aplicable también a RBSM, y otros bosques nubosos del país, por lo que deben tomarse como prioritarias las acciones para conservar las áreas de bosque nuboso aunque se encuentren rodeadas de una matriz desfavorable.

3. Familias registradas. En Albores se encontraron representantes de 21 familias, mientras que en Chelemhá se registraron 25 familias. Las familias que no tuvieron representantes en Albores son Cardinalidae, Fringilidae, Mimidae y Vireonidae. El hecho de que con un muestreo de mucho menos tiempo se hayan encontrado solamente cuatro familias menos que en Chelemhá es un buen indicador de la diversidad en el bosque de Albores. Especies que representen a las dos últimas familias fueron reportadas por Ponciano, por lo que su presencia en el área sí está comprobada. Para ambas localidades, las familias Tudidae, Trochilidae y Parulidae coinciden en ser de las que más especies contienen. Sin embargo, en Chelemhá Emberizidae también están entre las que contienen más especies, a diferencia de Albores.

4. Modelo de abundancia de especies. Los modelos de abundancia de especies son similares para los bosques de Albores y Chelemhá. Ambos muestran una distribución de tipo logarítmica, donde pocas especies tienen muchos individuos, y la mayoría de especies cuentan con abundancias mínimas.

5. Dominancias (Abundancias relativas). En Chelemhá la especie más común (datos totales) fue *Chlorospingus ophthalmicus*, que también fue detectada en Albores pero que no recae en la categoría de dominante.

En Albores la especie más común fue *Basileuterus belli*, que para Chelemhá ocupa el puesto número 5 entre las especies dominantes del lugar (capturadas). El Cuadro 16, a continuación muestra las diferencias en las abundancias relativas de las aves capturadas en los dos bosques.

Cuadro 16. Especies capturadas más comunes en Chelemhá. Abundancias relativas comparadas con Albores. Los números indican el número de puesto que ocupan en abundancias, siendo 1 el más común.

	Capturas	
	Chelemhá	Albores
<i>Basileuterus belli</i>	5	1
<i>Lampornis amethystinus</i>	1	2
<i>Lamprolaima rhami</i>	3	3
<i>Catharus frantzii</i>	4	4
<i>Henicorhina leucophrys</i>	6	5
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	2	6
<i>Atlapetes brunneinucha</i>	8	7
<i>Diglossa baritula</i>	7	0

Es interesante observar que *Diglossa baritula*, una de las especies más comunes para Chelemhá no fue registrada en este estudio. Sin embargo, sí fue reportada con anterioridad (Ponciano 1998) para el bosque de Albores. La presencia de esta especie puede estar bastante relacionada con la época del año y con la cercanía a otros tipos de bosque (secundario por ejemplo), donde haya más variedad de recursos para ella, ya que se trata de una especie que es poco sensible a la perturbación humana (Stotz *et al* 1996). Renner registró un total de 12 individuos de esta especie en bosque primario, y 44 en bosque secundario.

Se necesitaría estudiar más a fondo posibles explicaciones para la dominancia tan distinta que presenta *Ch. ophthalmicus* en ambos tipos de bosques. Los datos que se tienen hasta ahora sólo permiten elaborar algunas hipótesis. Posiblemente se deba al efecto de borde, más acentuado en Chelemhá al no contar con zona de amortiguamiento, o a la época del año, o posiblemente se deba solamente a diferente densidad de individuos de esta especie en la población de Sierra Yalijux. En realidad, las diferentes abundancias no sólo en cuanto a ésta, sino a todas las especies, pueden tener explicaciones que tengan que ver con época del año, presiones humanas o efecto de borde.

Seis especies, las primeras que aparecen en el Cuadro 16, coinciden para ambos bosques en los primeros lugares de abundancias relativas. Es decir, que estas seis especies podrían considerarse las más comunes para el bosque nuboso de ambas áreas estudiadas. De estas seis especies, cuatro fueron también consideradas entre las más dominantes en el bosque nuboso de Sierra Caquiepec (Eisermann 2000): *H. leucophrys*, *Ch. ophthalmicus*, *L. amethystinus* y *C. frantzii*, en ese orden. *B. belli* y *L. rhami*, se encuentran catalogadas por Eisermann como

Subdominantes. A partir de los datos discutidos anteriormente puede concluirse que estas especies son verdaderamente comunes en estos bosques nubosos, y probablemente éstos datos podrían extrapolarse a otros bosques nubosos del país, aunque se necesitarían más estudios. Las primeras seis especies mencionadas entre las más comunes tienen una sensibilidad media a la perturbación humana (Stotz *et al* 1996). Se discutirá más a cerca de las sensibilidades y sus implicaciones para la conservación en la siguiente Sección, VII. D.

6. Hábitos alimenticios. Tanto en Chelemhá como en Albores el gremio alimenticio dominante son los insectívoros, al considerar el número de especies. Sin embargo, al considerar número de individuos, hay mayor diferencia, ya que los nectarívoros son dominantes en Chelemhá, seguidos por los omnívoros. Es muy probable que el hecho de encontrarse el bosque primario directamente adyacente al bosque secundario (con influencia humana considerable), ejerza influencia en el tipo de especies y número de individuos que explotan los diferentes recursos alimenticios. Tal vez en la época del estudio, en Chelemhá hay más recursos disponibles para más individuos nectarívoros.

7. Avifauna y vegetación. Al igual que en Albores, en el bosque nuboso de Chelemhá los parámetros de vegetación seleccionadas no explican la presencia y abundancia de las especies aviares. Con seguridad existen relaciones entre la estructura de la vegetación y el ensamble de la comunidad de avifauna, pero las variables seleccionadas no presentaron ninguna correlación con las especies en ninguno de los dos estudios.

8. Aspectos biogeográficos relevantes. El espectro de familias registradas en ambos bosques es similar, y por lo tanto ambas comunidades de avifauna pueden ser catalogadas como mayoritariamente neotropicales, al contar con más elementos de este origen. En patrones elevacionales, la avifauna de bosques montanos de las tierras altas de México y norte de Centroamérica, se parecen más a los Andes que a las tierras altas Chiriquí-Darien de Costa Rica y Panamá (Stotz *et al* 1996). Una hipótesis sería entonces que la estructura de la avifauna de Sierra Yalijux y de Sierra de las Minas es más similar, al menos en patrones elevacionales a los Andes que a las tierras altas de Costa Rica y Panamá.

D. Implicaciones para la conservación

1. Especies endémicas. Las tierras altas centroamericanas forman parte de una de las cinco regiones de bosque montano húmedo más diversas en las latitudes tropicales (Stotz *et al* 1996). Las especies endémicas son muy importantes para la conservación de la biodiversidad y se encuentran entre las prioridades cuando se elabora un plan de conservación en un país. Se ha exhortado a prestar especial atención en las zonas de endemismo en las laderas montañosas dentro de las prioridades de conservación regionales (Mittermeier *et al.* 1998; Stotz *et al.* 1996, Brown y Lomolino 1998). Además, vale la pena subrayar que las áreas de endemismo en Centroamérica, corresponden muy cercanamente para aves, reptiles y anfibios (pero no para mariposas por ejemplo. Ver mapa en el Anexo 7) (Brown y Lomolino 1998).

En los bosques del neotrópico, el endemismo es especialmente pronunciado en las montañas. En las tierras altas de la Sierra Madre (México a Nicaragua) y de Chiriquí-Darién (Costa Rica y Panamá), se estima que 38% de las especies son endémicas (Stotz *et al* 1996). De las 48 especies reportadas en el bosque nuboso de Albores, un total de 18 tienen algún grado de endemismo⁴ (según Howell y Webb 1995), y representan en total el 37.5% de las especies. Es decir, que aproximadamente un tercio de las aves registradas son endémicas a alguna región de México y Norte de Centroamérica. Esta es una alta proporción de individuos, por lo que puede decirse que existe un alto grado de endemismo en el bosque nuboso de Albores, y que su conservación es primordial para asegurar la sobrevivencia de éstas especies tan importantes para la biodiversidad de Guatemala y del mundo. Las especies endémicas encontradas y el tipo de hábitat en el que viven se muestran a continuación en el Cuadro 17.

⁴ Algún grado de endemismo a las tierras altas de la Sierra Madre del sur.

Cuadro 17. Especies con algún grado de endemismo (Howell y Webb 1995), para la región de las tierras altas del sur de México y norte de Centroamérica, y tipo de hábitat en que se encuentran. En negrita las especies con distribución más restringida. * = reportadas también como endémicas a la subregión de tierras altas centroamericanas⁵ por Stotz *et al* (1996).

Especie	Hábitat	Endémico a
<i>Basileuterus belli</i>	Bosque montano húmedo	Bosques montanos húmedos de México a Honduras.
<i>Myadestes occidentalis</i>	Bosque montano	Casi todas las tierras altas, de México a El Salvador y Honduras.
<i>Lamprolaima rahmi</i>	Bosque nuboso	Tierras altas desde México a El Salvador y Honduras.
<i>Ergaticus versicolor*</i>	Bosque montano húmedo	Tierras altas al sur del istmo de Tehuantepec, en Chiapas y Guatemala
<i>Lampornis amethystinus</i>	Bosque montano húmedo	Tierras altas de México a El Salvador y Honduras.
<i>Ahelocoma unicolor</i>	Bosque montano húmedo	Este de México y Centroamérica (hasta Honduras)
<i>Myadestes unicolor</i>	Bosque nuboso	Bosques nubosos del este y sur. Desde México a Nicaragua.
<i>Trogon mexicanus</i>	Bosque montano, pino encino y pino siempre verde	Bosques de tierras altas. De México a El Salvador y Honduras.
<i>Vermivora superciliosa</i>	Bosques altos húmedos pino- encino y encino	Bosques de tierras altas, de México a Nicaragua.
<i>Penelopina nigra*</i>	Bosque nuboso	A bosques nubosos del sureste. De Chiapas al norte de Nicaragua.
<i>Turdus infuscatus</i>	Bosque nuboso	Bosques nubosos, desde México a El Salvador y Honduras.
<i>Lampornis viridipallens*</i>	Bosque nuboso	Bosques nubosos al sur del Istmo de Tehuantepec, en México, Guatemala y Honduras
<i>Oreophasis derbianus*</i>	Bosque nuboso	Bosques nubosos remotos de Chiapas y Guatemala.
<i>Troglodytes rufociliatus*</i>	Tierras altas, bosque	Tierras altas al sur del Istmo de

⁵ Es parte de una de las regiones que refleja áreas de endemismo en aves y probablemente en otros taxa. Las subregiones son subsets naturales de endemismo aviar, dentro de las regiones.

Especie	Hábitat	Endémico a
	húmedo siempre verde	Tehuantepec, de Chiapas a Norte de Nicaragua.
<i>Cyanolyca pumilo</i> *	Tierras altas, bosque húmedo y de pino siempre verde	A tierras altas al sur del istmo de Tehuantepec.
<i>Cyanocorax melanocyaneus</i> *	Bosque semihúmedo a árido	Al norte de Centroamérica. Guatemala al norte de Nicaragua.
<i>Aspatha gularis</i> *	Bosque húmedo a semihúmedo siempre verde	Tierras altas al sur del Istmo de Tehuantepec, de México a El Salvador y Honduras.
<i>Myoborus pictus</i>	Bosque semihúmedo de pino encino, tierras altas	Según Stotz (1996): a las tierras altas de la Sierra Madre de México a Nicaragua.

Las tierras altas de Centroamérica constituyen un área de endemismo aviar. (*Endemic Bird Area* (EBA) 018, según Stattersfield *et al* 1998. Ver el mapa en el Anexo 7), por lo que la conservación de sus bosques, tal como el bosque nuboso de la RBSM, que contiene tantas especies endémicas, se pone nuevamente en evidencia. Es de importancia a nivel mundial, y no solamente nacional, ya que mantiene poblaciones de especies que solamente se encuentran en esta región, tal como lo mostró el Cuadro 17. Vale la pena recordar que el área total ocupada por todas las áreas de endemismo aviar, suma menos del 5% de toda la superficie de tierra en el mundo (Brown y Lomolino 1998). Es decir, que la RBSM, por ser parte de una de las áreas de endemismo aviar, colabora proveyendo hábitat para una pequeña pero valiosa porción de las aves más amenazadas a nivel global.

El Pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*) y el chipe rosado (*Ergaticus versicolor*) son las dos especies endémicas con distribución más restringida, ya que solamente se encuentran en los bosques altos de Chiapas y Guatemala. El pavo de cacho tiene una prioridad de conservación urgente (Stotz *et al* 1996). A cerca del grado de peligro de éstas y otras especies se discute en la siguiente sección.

2. Especies vulnerables y en riesgo. Entre las especies de aves registradas en el bosque nuboso de Albores que se encuentran en la Lista Roja Global (UICN y WWF 1999), están el pavo de cacho, el quetzal y *Ergaticus versicolor* (chipe rosado). Las especies

encontradas en Albores que se encuentran en la lista roja para Guatemala y su categoría CITES se encuentran en el Cuadro 18. En casi todos los casos, el factor principal de amenaza es la pérdida de hábitat y la cacería. Afortunadamente, la Fundación Defensores de la Naturaleza ha controlado con efectividad éste tipo de amenazas en la zona núcleo de la RBSM, por lo que éstos factores han disminuido en el área.

Cuadro 18. Especies reportadas en Albores que tienen algún grado de amenaza, según lista roja nacional.

Especie	Nombre común	CITES (si aplica) ⁶
<i>Spizaetus ornatus</i>	Águila elegante	II
<i>Oreophasis derbianus</i>	Pavo de cacho	III
<i>Penelopina nigra</i>	Pajuil	III
<i>Claravis mondetoura</i>	Tórtola pechimorada	
<i>Bolborhynchus lineola</i>	Periquito barrado	II
<i>Strix virgata</i>	Búho café	II
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibri magnífico	II
<i>Lampornis amethystinus</i>	Colibri serrano gorjiamatista	II
<i>Lampornis viridipallens</i>	Colibri serrano pechiverde	II
<i>Lamprolaima rhami</i>	Colibri alicastaño	II
<i>Pharomachrus mocinno</i>	Quetzal	I
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucaneta verde	
<i>Aphelocoma unicolor</i>	Chara unicolor	

El chipe rosado no se encuentra en la lista roja de Guatemala, pero sí en la lista global (UICN y WWF 1999). Como ya se dijo, esta especie, tiene una distribución muy restringida (Chiapas y Guatemala). En nuestro país, por ejemplo, esta ave puede encontrarse en la parte alta de los volcanes (Maldonado *et al* 2002; registros personales en Volcánes Atitlán y Tolimán) y en otras áreas de bosque nuboso. Dado que los conos volcánicos han sido deforestados para hacer uso de la tierra para la agricultura, ya sólo quedan las partes más altas con el bosque natural para hábitat de esta especie, en conjunto con otras de áreas de bosques montanos húmedos, (que también están bajo presión, especialmente aquellas que no están dentro de áreas protegidas). Esto ha hecho que especies como el chipe rosado se encuentren prácticamente aisladas en las crestas de montañas y picos volcánicos, y pone en peligro su

⁶ Cites I: especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio

Cites II: especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción a menos que se evite el comercio incompatible con su supervivencia.

Cites III: especies sometidas a reglamentación nacional, para prevenir o restringir su explotación.

futuro a largo plazo por posibles carencias de flujo genético entre poblaciones.

El pavo de cacho es otra de las especies de menor distribución, por lo que concierne mucho a Guatemala el conservar esta ave, que se encuentra amenazada principalmente por destrucción de su hábitat y cacería. Actualmente se le está dando seguimiento al Plan de Conservación del pavo de cacho (realizado en octubre de 2002, con esfuerzos binacionales, Secaira 2003). Se espera que se puedan llevar a cabo estudios más a fondo de esta especie en el área de Albores.

El bosque nuboso de la RBSM es muy importante para la conservación de la avifauna, más aun si se reflexiona sobre el análisis de predicción de extinciones realizado por Renner (2003, basándose en datos de Sierra Yalijux): el autor reporta que aun manteniéndose el área constante y la tasa de deforestación en cero para el bosque de Chelemhá, de cuatro a cinco especies endémicas se extinguirán por falta de equilibrio área-especie. Esto debido a que muchas más especies de las que pueden ser soportadas están presentes en el bosque natural de Chelemhá. Si este fuera el caso para otros bosques nubosos no protegidos de Guatemala, las reservas como Sierra de las Minas serían las últimas y únicas esperanzas para conservarlas.

3. Potenciales especies indicadoras de calidad de hábitat y probables de monitorear. Las especies indicadoras han sido utilizadas para evaluar la magnitud de la perturbación antropogénica, para monitorear tendencias poblacionales en otras especies y para localizar áreas de alta diversidad regional (Caro y O'Doherty 1999).

Debido a que no es posible incluir todas las especies en planes estratégicos, el manejo para la biodiversidad puede ser logrado al enfocarse en el manejo de estas especies indicadoras que representan una comunidad mayor y de las cuales se conoce su sensibilidad a la fragmentación del hábitat (Meffe y Carroll 1994). Noss (1990) destaca que la idea de una especie que representa a todas las demás con las que comparte un mismo hábitat no es ecológicamente realista. Caro (1999) y Canterbury *et al* (2000), también hacen énfasis en que una sola especie es un indicador pobre de la biodiversidad, y en su lugar ellos exhortan utilizar gremios y comunidades de aves y hábitat como indicadores de la condición de un bosque (Caro (1999) recomienda con más énfasis la utilización de gremios cuando se quieren indicadores de la biodiversidad).

Como ya se ha dicho, el grado de sensibilidad que presentan las especies hacia la perturbación es un buen parámetro para establecer especies indicadoras de calidad de hábitat. En el Cuadro 19, a continuación se muestran todas las especies reportadas para Albores que presentan una alta sensibilidad a la perturbación. También se muestran las que presentan una

sensibilidad media pero que son endémicas o que están en la lista roja. La categoría de sensibilidades para todas las especies reportadas (según Stotz 1996), se tiene en el Anexo 6.

Cuadro 19. Especies pertenecientes a las categorías de alta y mediana sensibilidad a la perturbación (según Stotz *et al* 1996).

Sensibilidad	
Alta	Media (solo se muestran las endémicas o de *=Lista roja)
<i>Penelopina nigra</i>	<i>Spizaetus ornatus*</i>
<i>Oreophasis derbianus</i>	<i>Lampornis amethystinus</i>
<i>Bolborhynchus lineola</i>	<i>Lampornis viridipallens</i>
<i>Aspata gularis</i>	<i>Lamprolaima rhami</i>
<i>Myadestes</i>	
<i>occidentalis</i>	<i>Pharomachrus mocinno*</i>
<i>Turdus infuscatus</i>	<i>Trogon mexianus</i>
<i>Cyanolyca pumilo</i>	<i>Aulacorhynchus prasinus*</i>
	<i>Troglodytes rufociliatus</i>
	<i>Myadestes unicolor</i>
	<i>Vermivora superciliosa</i>
	<i>Ergaticus versicolor</i>
	<i>Myioborus picuts</i>
	<i>Basileuterus belli</i>
	<i>Aphelocoma unicolor</i>
	<i>Claravis mondetoura*</i>
	<i>Stix virgata*</i>
	<i>Eugenes fulgens*</i>
	<i>Cissilopha melanocyaneus</i>

Obsérvese que todas las especies listadas arriba, exceptuando las marcadas con un asterisco (*), son endémicas a alguna región de las tierras altas de México y norte de Centroamérica. Estas especies son de alta importancia para la conservación ya que además de ser mediana o altamente sensibles a la perturbación, lo que las hace vulnerables, son de distribución restringida. Entre estas especies, por lo tanto, podrían seleccionarse aquellas especies que valdría la pena monitorear, no solo para asegurar la sobrevivencia de su población, sino porque al ser sensibles a la perturbación, funcionan como buenos indicadores de la calidad de hábitat.

Es interesante mencionar que Ponciano (1998), encontró que en el bosque nuboso la proporción de especies poco sensibles disminuye conforme se avanza de la frontera agrícola, lo cual respaldaría a estas especies como buenos indicadores de salud del ecosistema.

Algunos de los criterios que se evalúan y que son útiles para la selección de aves indicadoras y con posibilidades de monitoreo son los siguientes⁷ (según Altamirano *et al* 2003, Caro y O'Doherty 1999, y/o Noss 1990):

- Estado de conservación de la especie
- Grado de endemismo
- Conocimiento de la biología de la especie
- Especialización a un hábitat - sensibilidad a la perturbación
- Manejo de la especie

En el Cuadro 20 se mencionan algunas de las aves que tienen más características que pueden ser de interés para una selección de especies indicadoras y factibles de monitorear:

Cuadro 20. Especies reportadas para el bosque de Albores con características de interés para ser seleccionadas como indicadoras y probables de monitorear.

Especie	Características de interés
<i>Ergaticus versicolor</i>	Preferencia por Bosque no perturbado y sensibilidad media a la perturbación, endémica, biología conocida, distribución restringida, fácilmente muestreada, manipulada y determinada. Especie pequeña y de tiempo generacional corto.
<i>Oreophasis derbianus</i>	Habita en Bosque no perturbado y altamente sensible a la perturbación, endémica, biología conocida, distribución restringida, especie amenazada.
<i>Pharomachrus mocinno</i>	Preferencia por bosque no perturbado y medianamente sensible a la perturbación, especie amenazada, biología

⁷ Las características buscadas en una especie indicadora y con posibilidades de monitoreo obtienen los valores más altos en una escala de valores (Altamirano *et al* 2003).

Especie	Características de interés
<i>Penelopina nigra</i>	Sensibilidad alta a la perturbación, endémica, biología conocida, muestreo factible, especie amenazada.
<i>Spizaetus ornatus</i>	Medianamente sensible a la perturbación, preferencia por bosque no perturbado, posición alta en la cadena trófica (especie sombrilla??), especie amenazada

A pesar de que el uso de especies indicadoras ha presentado problemas de sesgo, no representatividad, asunciones falsas, etc., (e.g. Lindenmayer *et al* 2002, a cerca de especies focales) las especies podrán seguir siendo útiles como indicadores, particularmente si se enfoca en aquellas más sensibles a las actividades humanas y en aquellas que juegan papeles clave en sus ecosistemas.

Por todo lo anteriormente expuesto, se hace evidente que la elección de las especies indicadoras y probables de ser monitoreadas se debe realizar cuidadosamente y hasta con cierto escepticismo. Aquí se presentan propuestas, pero para poner en marcha un plan que sea lo más acertado posible, y con el cual se eviten al máximo los problemas mencionados antes, debe hacerse un estudio más detallado y minucioso a cerca de la comunidad de avifauna del bosque nuboso de la RBSM. También sería lo más recomendable incluir especies indicadoras pertenecientes a otros taxa (Passalidae por ejemplo; ver Schuster *et al* 2000), y utilizar un método de matrices con valores ponderados (e.g. Altamirano *et al* 2003, y otros enfoques como Dufréne y Legendere 1997). Se deben formular con antelación los objetivos generales y específicos, y seleccionar a las especies de acuerdo a criterios objetivos y de acuerdo a una elección sensata.

4. Acerca del bosque nuboso de Albores y su manejo. Sierra de las Minas posee la mayor extensión de bosque nuboso continuo del país (FDN 1997; Instituto Geográfico Nacional 2003: Mapa de Cobertura forestal 2001; Paiz 1996), y el área más grande para la conservación del quetzal (FDN 1990). La RBSM es la única reserva de la biósfera dedicada a la conservación oficial de los bosques húmedos de Guatemala (Islebe y Véliz 2001). El grado de conservación de la zona núcleo de la Sierra de las Minas, permite soportar poblaciones de especies altamente sensibles a la perturbación como el pavo de cacho y a depredadores de altos niveles tróficos como el *Spizaetus ornatus*.

Por todo lo anteriormente discutido, se hace evidente que la continuación de la conservación del bosque de la RBSM es de suma importancia para la mantención de la biodiversidad de nuestro país y del mundo. El siguiente enunciado respalda la importancia global de la conservación del bosque nuboso de la sierra: «A escala mundial, los bosques nubosos por encima de los 1,000 mSNM, representan unos 48 millones de ha, de las cuales aproximadamente 50% se encuentran en América Latina, con porciones muy importantes en México, Guatemala, Nicaragua, Honduras y en Sudamérica» (Brown y Kappelle 2001).

Uno de los aspectos importantes a cerca del manejo de esta área es su conectividad con otros bosques cercanos para favorecer el movimiento de ciertas especies. Deben trabajarse los aspectos de corredores entre el bosque de la sierra con los bosques aledaños como el del Biotopo del quetzal. Actualmente existen iniciativas de esta índole a las que deben dársele seguimiento. Un aspecto muy positivo que favorece la conservación del bosque nuboso de la RBSM es que la Fundación Defensores de la Naturaleza trabaja, como parte de su estrategia, sobre la matriz de todo el paisaje (agroecosistemas, sistemas de aprovechamiento, etc.), con tierras privadas, del estado y comunales, y de lo más valioso: con la gente.

El ecoturismo es otro de los aspectos del manejo del cual se puede seguir obteniendo mucho beneficio. Incluso podría pensarse en programas de aviturismo, tomando provecho de que muchas especies de aves son vistosas y de fácil detección. Además, ya se han realizado estudios de ecoturismo en el área (e.g. Arias 1999), y podría aprovecharse ésta información ya generada. Es recomendable que se continúen o inicien acciones que colaboren a la toma de conciencia por parte de visitantes y de locales de la importancia de la conservación de las aves y de la biodiversidad local. Por ejemplo, la creación de alguna especie de ave bandera y la divulgación o educación ambiental a cerca de la importancia de la conservación de las comunidades de los bosques naturales en la Reserva.

Ya se ha dicho que los bosques nubosos se encuentran en una situación crítica de amenaza, bajo gran presión y muchos están desapareciendo en el Neotrópico⁸ (Kappelle y Brown 2001; Gentry 2001). Si la tasa de deforestación continúa como hasta ahora (2.13% es la estimación para Mesoamérica, [FAO⁹ 1997] y para Guatemala se estimó una pérdida de 2% anual de superficie de bosque de 1990 a 1995, según FAO [1999]), se podría predecir que algunos bosques nubosos del país (como Chelemhá) desaparecerán por completo en

⁸ En México, por ejemplo, se estima que más del 50% del bosque nuboso (mesófilo de montaña) ha desaparecido, y la tendencia continúa, y en Honduras se menciona una pérdida anual de 4%, y de continuar así, sus bosques montañosos latifoliados desaparecerían en 20 años (Kappelle y Brown 2001).

⁹ FAO: Food and agriculture organization

aproximadamente 60 años (Renner 2003) y que en un futuro cercano los *hotspots* de Mesoamérica perderían la mayoría de sus especies (Brooks *et al* 2002). No se debe ser tan pesimistas, pero si tal fuera el caso, las áreas de bosque nuboso intacto quedarían reducidas solamente a aquellas áreas protegidas en las que el manejo fue eficiente. Tal es el caso del bosque nuboso de la RBSM, por lo que juega un papel primordial en la conservación de los bosques nubosos del país en su estado más natural posible; tiene más probabilidad de sobrevivir a las presiones del impacto humano y mantenerse en un estado natural (al menos mas posibilidades de mantenerse, que otras áreas con menor grado de protección actualmente, como conos volcánicos, entre otros).

VIII. CONCLUSIONES

- En cuanto a la estructura y diversidad del bosque nuboso: se registraron 48 especies, y por lo menos 391 individuos. Entre las especies de mayor dominancia se encuentran *Basileuterus belli* y *Henicorhina leucophrys*. Existe una alta proporción de especies raras o de hábitos raros, y pocas especies que son muy comunes. Se registraron representantes para 21 familias, la mayoría de ellas de origen Neotropical y cosmopolita. La mayoría de especies es insectívora, y la presencia o ausencia de especies no guarda ninguna correlación con los parámetros de vegetación medidos.
- 18 de las especies registradas, (correspondiente a un 37.5%), son endémicas a alguna región de las tierras altas del norte de Mesoamérica, y 13 especies (27%), tienen algún grado de amenaza (según lista roja nacional), por lo que la continuidad de la conservación del bosque cobra mayor trascendencia.
- La presencia de especies como *Oreophasis derbianus*, *Penelopina nigra* y *Ergaticus versicolor*, entre otras, son indicadores de la buena calidad del bosque nuboso de Albores, y figuran entre las posibles especies para ser monitoreadas. Sin embargo, se debe ser muy cuidadoso al seleccionar las especies indicadoras y viables para monitorear.
- La presencia de *Spizaetus ornatus* puede ser un indicador de que el área sí sufre los requerimientos alimenticios de especies que ocupan puestos altos en la cadena trófica.
- Sierra de las Minas y Sierra Yalijux son más similares en aspectos relacionados a la composición de la comunidad de aves: tipo de especies presentes, alta proporción de especies raras, y pocas especies muy comunes (ajuste a un modelo logarítmico), mayoría de especies insectívoras y composición y de las familias. Las divergencias observadas (como por ejemplo en dominancias, o ausencia de especies muy sensibles) se deben posiblemente al diferente grado de conservación de ambos sitios.
- Por todo lo anterior, se hace evidente que la continuidad de la conservación del bosque nuboso de Albores, y de toda la zona núcleo de la Reserva, es de suma importancia para la conservación de la biodiversidad nacional y global.

IX. RECOMENDACIONES

- Sería muy valioso emprender acciones para divulgar la importancia de las aves del bosque nuboso de Albores, especialmente a las comunidades locales y a los visitantes del área.
- En próximas ocasiones, enfatizar esfuerzos de muestreo en los transectos donde se obtuvieron más especies e individuos, y en aquellos que son más diferentes entre sí, para abarcar la mayor cantidad posible del espectro de especies presentes en la comunidad.
- Evaluar la posibilidad de empezar un programa de monitoreo de aves en el bosque nuboso de Albores, luego de analizar las especies que aportarían mayor y más valiosa información para tal objetivo, tomando en cuenta las sugerencias hechas de aves indicadoras y viables de monitorear.
- Realizar un estudio con la misma metodología en otra época del año y durante un periodo más largo, para observar diferencias debidas a la temporalidad del año.

X. LITERATURA CITADA

Altamirano, M.A., J. Guzmán, M.F. Martín y L.E. Domínguez. 2003. «Un método para la selección de aves bioindicadoras con base en sus posibilidades de monitoreo». *Huitzil* 4: 10-16

American Ornithological Union (AOU). 2003. *List of the 2,031 bird species known from the A.O.U. Check-list area*. A.O.U. Arkansas.

Arias, A.L. 1999. «Desarrollo de un plan de interpretación para la cabaña, Los Albores, en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas». Tesis Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ecoturismo. 104 pp.

Brooks, T., R. Mittermeier; C. Mittermeier; G. Da Fonseca; A. Rylands; W. Konstant; P. Flick; J. Pilgrim; S. Oldfield; G. Magin; C. Hilton-Taylor. 2002. «Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity». *Conservation Biology* 16: 909-923.

Brown, J.H. y M.V. Lomolino. 1998. *Biogeography*. 2ª ed. Sinauer Associates. Massachusetts. 691 pp.

Brown, A.D. y M. Kappelle. 2001. «Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional». En *bosques nublados del Neotrópico* de Maarten Kappelle y Alejandro Brown editores. Instituto Nacional de Biodiversidad –INBio-. Costa Rica. Pp. 25-40.

Brown, M., I. De la Roca. 1996. *Estudio hidrológico y económico del agua*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala.

Canterbury, G. E., T.E. Martín, D.R. Petit, L.J. Petit y D.F. Bradfords. 2000. «Bird Communities and Habitat as Ecological indicators of Forest Condition in Regional Monitoring». *Conservation Biology* 14: 544-558.

Caro, T.M. y G. O'Doherty. 1999. «On the use of surrogate species in conservation biology». *Conservation biology* 13: 805-814.

Centro de Estudios Conservacionistas. 1993. *Evaluación ecológica rápida de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas*. Centro de datos para la Conservación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 57 pp.

Colwell, R.K., 2000. *EstimateS 6.0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 6.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Cox, C.B., I.N. Healey y P.D. Moore. 1976. *Biogeography. An ecological and evolutionary approach*. 2ª ed. Blackwell scientific publications. London 194 pp.

Henderson, T.A. y R.M.H. Seaby. 1998. *Species Diversity and Richness*. Versión 2. Proyecto Mamirauá . Copyright PISCES Conservation Ltd.

Dix, M., M. Dix. 1990. *La Sierra de las Minas: su diversidad orquideológica*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala.

Dufrêne, M. y P. Legendere. 1997. «Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach». *Ecological Monographs* 67: 345-366.

Ecotourism and adventure specialists. 2002. <http://ecotourism-adventure.com/index.htm>

Eisermann, K. 2000. «Avifaunistisch-ökologische Untersuchungen in der Sierra Caquiepec, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala». Fachhochschule Eberswalde, Eberswalde. 82 pp.

Food and Agriculture organization (FAO). 1997. *State of the world's forests*. FAO. Roma, Italia.

Food and Agriculture organization (FAO). 1999.
http://www.fao.org/infosylva/VR/is_country.jsp?country_code=89&lang=en

Fuller, R. y N. Carter. 2000. *Birds as environmental and ecological indicators*. British Trust for Ornithology. Biodiversity assessment tools-Elcetric Conference.
<http://www.gencat.es/mediamb/bioassess/bacontr96.htm>

Fundación Defensores de la Naturaleza. 1990. *Estudio técnico para dar a Sierra de las Minas la categoría de Reserva de la Biósfera*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala 56 pp.

Fundación Defensores de la Naturaleza. 1996. *Análisis del valor del bosque nuboso en la protección de cuencas en la Sierra de las Minas*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala.

Fundación Defensores de la Naturaleza. 1997. *Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. II Plan Maestro 1997-2002*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala. 85 pp.

Fundación Defensores de la Naturaleza. 2003. *Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. III Plan Maestro 2002-2007*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala. 91pp

Gentry, A.H. 2001. «Patrones de la diversidad y composición florística en los bosques de las montañas neotropicales». En *Bosques nublados del Neotrópico* de Maarten Kappelle y Alejandro Brown editores. INBio. Costa Rica. Pp. 85-123.

Hilty, S. 1994. *Birds of Tropical America*. Chapters Publishing Ltd. Canada. 304 pp.

Howell, S., S. Webb. 2000. *A Guide to The Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. California. 851 pp.

Instituto Geográfico Nacional. 2003. *Mapa de cobertura vegetal 2001*. Instituto Geográfico Nacional, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala.

Islebe, G.A. y M.E. Véliz. 2001. «Guatemala». En *Bosques nublados del Neotrópico* de Maarten Kappelle y Alejandro Brown editores. INBio. Costa Rica. Pp. 231-242

Krebs, C. 1998. *Ecological Methodology*. 2ª ed. Benjamin/Cummings. California. 620 pp.

Krebs, C. 1997. *Krebs/WIN* Version 0.9.

Landesbund für Vogelschutz. 1990. *Proyecto El Quetzal: reporte preliminar presentado por Landesbund für Vogelschutz*. Landesbund für Vogelschutz (LBV). Alemania.

Lindenmayer, D.B., A.D. Manning, P.L. Smith, H.P. Possingham, J. Fischer, I. Oliver y M.A. McCarthy. 2002. «The Focal-Species approach and landscape restoration: a Critique». *Conservation Biology* 16: 338-345.

Ludwig, J.A y J. Reynolds. 1998. *Statistical Ecology: a primer of methods and computing*. Wiley Press, New York. 337 pp.

Ludwig, J.A. y Reynolds. 1998. *Statistical Ecology*.
http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/ludwig_and_reynolds.html.

Magurran, A.E. 1991. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall. London. 179 pp.

Maldonado, M., A. Cabrera, H. Morales y A. Nájera. 2002. *Análisis de flora y fauna del municipio de San Martín Sacatepéquez*. Universidad del Valle de Guatemala y Departamento de áreas protegidas y medio ambiente de la municipalidad de San Martín Sacatepéquez. Guatemala. 21 pp.

McCune, B. y M.J. Mefford. 2002. *Multivariate analysis of ecological data.(Pc-Ord) Version 4*. MjM Software. Gleden Beach Oregon. Estados Unidos.

Meffe G.K., y C.R. Carroll. 1994. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Massachusetts. 600 pp.

Mittermeier, R., N. Myers, N. Thompson, J. da Fonseca y S. Olivieri. 1998. «Biodiversity Hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities». *Conservation Biology* 12: 516-520.

National Audubon Society, Inc. 2003. <http://www.audubon.org/bird/wb.html>

National Geographic. 1999. *Field Guide to the birds of North America*. National Geographic Society. Washington D.C. 480 pp.

- Noss, R.F. 1990. «Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach». *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Paiz, M.C. 1996. «Migraciones estacionales del quetzal (*Pharomacrus mocino mocino* de la llave) en la Sierra de las Minas y sus alrededores: Implicaciones para su conservación». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Departamento de Biología. Guatemala. 109 pp.
- Peterson, R., E. Chalif. 1973. *Mexican Birds*. Peterson Field Guides. Houghton Mifflin Company. New York. 298 pp.
- Ponciano, J.M. 1998. «Comunidades de aves en función de la zona de vida y la distancia con la frontera agrícola en la Sierra de las Minas». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Departamento de Biología. Guatemala. 115 pp.
- Quan, C.L. 1997. «Abundancia, hábitat y migraciones de monos aulladores dentro de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas y el Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Departamento de Biología. Guatemala.
- Ralph, C., G. Geupel, P. Pyle, T. Martin, D. DeSante y B. Milá. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. United States Department of Agriculture. Pacific Southwest Research Station. Technical Report PSW-GTR-159. 44 pp.
- Renner, S. C. 2003. *Structure and diversity of a cloud forest bird community in Alta Verapaz, Guatemala, and implications for conservation*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Georg-August-Universität zu Göttingen. Göttingen. 91 pp.
- Schuster, J.C., E. B. Cano y C. Cardona. 2000. «Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores». *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 80: 197-209.
- Secaira, E. 2003. *Memoria del simposio Plan de conservación del Pavo de Cacho o Pavón (*Oreophasis derbianus*), y su seguimiento*. VII congreso de la sociedad mesoamericana para la biología y la conservación. Tuxtla-Gutiérrez, México.

SPSS Inc. 1999. *SPSS 9.0 for Windows*. Advanced Versión. SPSS Inc. Chicago.

Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long y D.C. Wege. 1998. *Endemic bird areas of the world. Priorities for biodiversity and conservation*. BirdLife International. London.

Stotz, D. F., J. Fitzpatrick, T. Parker y D. Moskovits. 1996. *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*. The University of Chicago Press. Chicago. 478 pp.

Stiles, F.G. y A.F. Skutch. 1989. *A guide to the birds of Costa Rica*. Comstock publishing associates. Itahaca.

Succhini, A.E. 1999. *Endemismo florístico en la reserva de la Biósfera Sierra de las Minas*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala.

Terborgh, J., S. Robinson, T. Parker, C. Munn, N. Pierpont. 1990. «Structure and organization of an Amazon forest bird community». *Ecological Monographs* 60: 213-238.

UICN y WWF. 1999. *Lista de fauna de importancia para la conservación en Centroamérica y México. Listas rojas, listas oficiales y especies en apéndices CITES*. Sistema de integración Centroamericana, dirección ambiental. Costa Rica. 224 pp.

Valle, L. 1997. «Relación de la comunidad de quirópteros con el tipo de vegetación a lo largo de un gradiente altitudinal, San Lorenzo, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Departamento de Biología. Guatemala.

ANEXO 3

Especies pertenecientes a cada una de las familias reportadas

Familia	Especie	Familia	Especie
Turdidae	<i>Turdus plebejus</i>	Corvidae	<i>Aphelocoma unicolor</i>
	<i>Myadestes occidentales</i>		<i>Cyanolitta pumila</i>
	<i>Myadestes unicolor</i>		<i>Cyanocorax melanocyaneus</i>
	<i>Catharus frantzii</i>	Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus eritropigi</i>
	<i>Turdus infuscatus</i>		<i>Lepidocolaptes affinis</i>
Parulidae	<i>Basileuterus belli</i>	Picidae	<i>Colaptes auratus</i>
	<i>Ergaticus versicolor</i>		<i>Picoides villosus</i>
	<i>Myoborus miniatus</i>	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>
	<i>Myoborus pictus</i>	Tyrannidae	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>
	<i>Vermivora superciliosa</i>		<i>Contopus borealis</i>
	<i>Dendroica townsendi</i>		<i>Empidonax flavescens</i>
	<i>Wilsonia pusilla</i>	Cracidae	<i>Penelopina nigra</i>
	<i>Mniotilta varia</i>		<i>Oreophasis derbianus</i>
Thraupidae	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>
Emberizidae	<i>Atlapetes brunneinucha</i>		<i>Aeronautes saxatalis</i>
	<i>Haplospiza rustica</i>	Accipitridae	<i>Spizaetus oomatus</i>
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>	Furnariidae	<i>Automolus rubiginosus</i>
	<i>Troglodytes rufociliatus</i>	Columbidae	<i>Columba fasciata</i>
Pscittacidae	<i>Bolborhynchus lineola</i>		<i>Claravis mondetoura</i>
Trochilidae	<i>Lamprolaima rahmi</i>	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus arizonae</i>
	<i>Lampornis amethystinus</i>	Strigidae	<i>Strix virgata</i>
	<i>Eugenes fulgens</i>		Momotidae
	<i>Lampornis viridipallens</i>		
Trogonidae	<i>Pharomachrus mocinno</i>		
	<i>Trogon collares</i>		
	<i>Trogon mexicanus</i>		

ANEXO 4

Cálculos completos de índices de diversidad, equitatividad y modelo de abundancia de especies.

Valores medios de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Equitatividad E1 obtenidos para cada transecto durante el período de estudio

	Transecto1	Trasnecto2	Transecto3	Transecto4	Transecto5	Transecto6
Shannon-Wiener	1,47972563	1,62766767	1,2746692	1,24398717	1,02084317	0,722395567
E1	0,9209899	0,88679233	0,87862657	0,86834457	0,96180933	5,67137E+37

Anova: no existe diferencia significativa entre las medias de los transectos tanto para el índice de Shannon-Wiener ($p=0.374$), como para el índice de equitatividad ($p=0.458$).

Valores de r^2 , correspondientes al grado de ajuste a los modelos de abundancia de especies, para la comunidad de aves que fue capturada con redes de niebla

Modelo	r^2
Broken stick	0.075
Logseries	0.986
Geométrico	0.841
Lognormal	0.944

**ANEXO 5
DATOS DE VEGETACION DE ALBORES POR SITIO¹**

Se resaltan los valores máximo y mínimo obtenidos en cada variable de vegetación

Sitio	Altura máx (m)	Altura min (m)	Circ. (cms)	DAP ² max (cms)	Circ. (cms)	DAP min (cms)	Cobertura del dosel (%)	Árboles caídos
11	25	15	129	41,06197532	18	5,729577951	98,396	3, daps mayores a 10
12	60	10	280	89,12676813	18	5,729577951	98,05	1
13	50	6	300	95,49296586	28	8,912676813	97,768	0
14	70	12	380	120,9577567	18	5,729577951	98,505	0
15	80	6	537	170,9324089	18	5,729577951	97,551	0
16	50	8	193	61,43380803	26	8,276057041	97,421	3
17	50	5	258	82,12395064	16	5,092958179	98,093	3, dap muy grande
18	80	7	465	148,0140971	18	5,729577951	98,093	0
21	70	10	350	111,4084602	48	15,27887454	98,353	3
22	70	10	807	256,8760782	30	9,549296586	98,526	0
23	70	8	367	116,8197282	32	10,18591636	97,898	1, dap 50
24	70	5	224	71,30141451	28	8,912676813	97,248	4, grandes
25	80	10	278	88,49014836	51	16,2338042	98,223	5, daps grandes
26	60	10	287	91,35493733	23	7,321127382	97,33	3, grandes
27	70	8	430	136,8732511	27	8,594366927	95,58	1, muy grande
28	70	8	645	205,3098766	23	7,321127382	98,67	5, daps md-grande
31	25	7	109	34,69577759	14	4,456338407	98,80	0
32	15	9	66	21,00845249	14	4,456338407	99,26	5, uno de dap Xgrande
33	30	10	29	9,230986699	30	9,549296586	98,93	5
34	25	10	310	98,67606472	30	9,549296586	98,07	2
35	30	7	132	42,01690498	15	4,774648293	98,33	2
36	80	10	94	29,9211293	30	9,549296586	97,53	4
37	80	7	730	232,3662169	30	9,549296586	98,18	1 dap mayor
38	60	10	546	173,7971979	22	7,002817496	98,09	1, pequeño
41	35	12	146	46,47324338	23	7,321127382	98,41	1, dap 50 cms
42	40	10	146	46,47324338	22	7,002817496	98,41	1, dap 50
43	22	9	111	35,33239737	15	4,774648293	98,44	0
44	30	10	130	41,3802852	28	8,912676813	98,67	1 chipec
45	40	9	124	39,47042589	18	5,729577951	98,28	1 pino gordote
46	25	12	119	37,87887646	29	9,230986699	99,13	2, uno gordo
47	23	10	81	25,78310078	22	7,002817496	98,375	
48	20	9	81	25,78310078	38	12,09577567	98,89	
51	45	20	250	79,57747155	17	5,411268065	97,35	5, todos grandes
52	50	20	210	66,8450761	13	4,13802852	97,85	3, daps 40-60 cms
53	30	6	132	42,01690498	29	9,230986699	98,00	2, daps 80 cms aprox
54	60	5	210	66,8450761	13	4,13802852	97,79	3, daps 25 aprox
55	27	8	120	38,19718634	27	8,594366927	98,7	2, daps grandes
56	30	12	155	49,33803236	12	3,819718634	98,67	3, daps grandes
57	30	15	127	40,42535555	43	13,68732511	98,57	6, dap 6m
58	40	14	160	50,92958179	22	7,002817496	98,85	4, daps grandes
61	60	5	430	136,8732511	20	6,366197724	98,52	2, daps grandes

¹ Sitio: el primer número representa el número de transecto y el segundo el número de red. En total son 48 sitios (6 transectos x 8 redes en cada uno).

² DAP: diámetro a la altura del pecho

Sitio	Altura máx (m)	Altura min (m)	Circ. (cms)	DAP ² max (cms)	Circ. (cms)	DAP min (cms)	Cobertura del dosel (%)	Arboles caídos
62	25	8	99	31,51267873	20,5	6,525352667	98.35	1, dap 70
63	20	7	136	43,29014452	24	7,639437268	98.76	2, dap 30 y 2m
64	18	7	107	34,05915782	18	5,729577951	98.63	1, dap 60
65	40	12	220	70,02817496	12	3,819718634	98.52	1, dap 5m jaguar
66	20	10	106	33,74084794	43	13,68732511	98.46	1, dap 40
67	15	10	83	26,41972055	20	6,366197724	98.57	3, daps 50 aprox
68	22	10	107	34,05915782	24	7,639437268	98.22	0

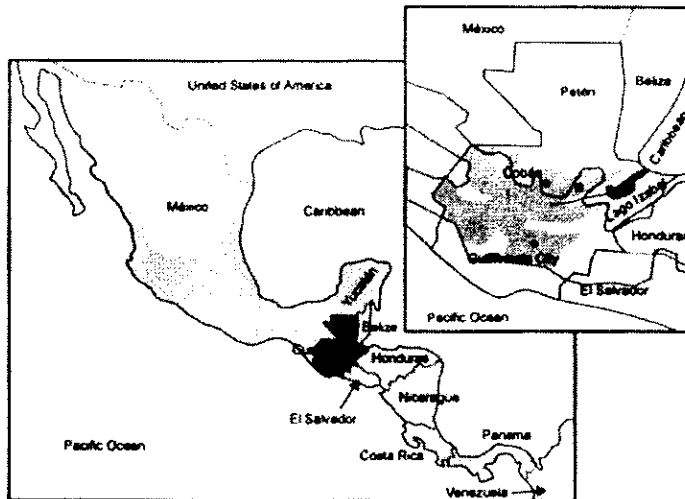
ANEXO 6

Sensibilidades a la perturbación (Stotz et al 1996) de las aves reportadas en Albores
(e): algún grado de endemismo, *: no endémicas pero en la lista roja

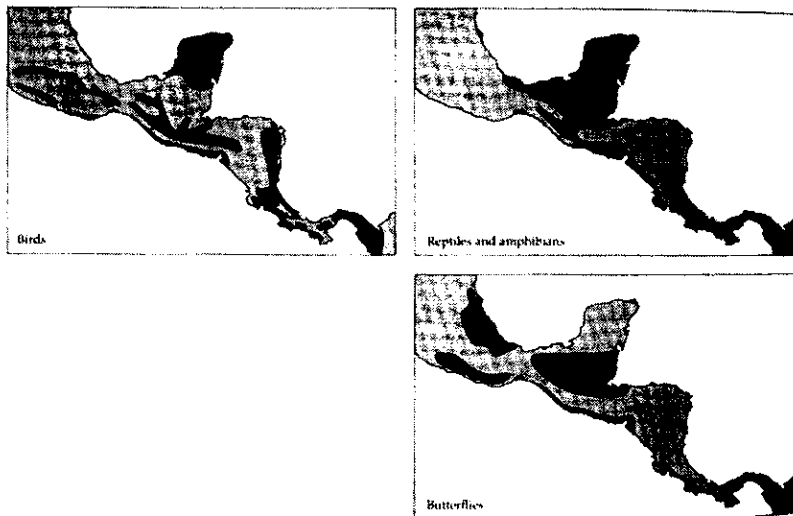
sensibilidad alta	sensibilidad media	sensibilidad baja
<i>Penelopina nigra</i> (e)	<i>Spizaetus ornatus</i> *	<i>Streptoprocne zonaris</i>
<i>Oreophasis derbianus</i> (e)	<i>Lampornis amethystinus</i> (e)	<i>Aeronautes saxatalis</i>
<i>Bolborhynchus lineola</i> *	<i>Lampornis viridipallens</i> (e)	<i>Colaptes auratus</i>
<i>Aspata gularis</i> (e)	<i>Lamprolaima rhami</i> (e)	<i>Empidonax flavescens</i>
<i>Myadestes occidentales</i> (e)	<i>Pharomachrus mocinno</i> *	<i>Atlapetes brunneinucha</i>
<i>Turdus infuscatus</i> (e)	<i>Trogon mexicanus</i> (e)	<i>Myioborus miniatus</i>
<i>Cyanolyca pumilo</i> (e)	<i>Aulacorhynchus prasinus</i> *	
	<i>Troglodytes rufociliatus</i> (e)	
	<i>Myadestes unicolor</i> (e)	
	<i>Vermivora superciliosa</i> (e)	
	<i>Ergaticus versicolor</i> (e)	
	<i>Myioborus picuts</i> (e)	
	<i>Basileuterus belli</i> (e)	
	<i>Aphelocoma unicolor</i> (e)	
	<i>Cyanocorax melanocyaneus</i> (e)	
	<i>Picoides villosus</i>	
	<i>Xiphorhynchus eritropigius</i>	
	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	
	<i>Automolus rubiginosus</i>	
	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	
	<i>Contopus boreales</i>	
	<i>Henicorhina leucophrys</i>	
	<i>Catharus frantzii</i>	
	<i>Turdus plebejus</i>	
	<i>Haplospiza rustica</i>	
	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	
	<i>Columba fasciata</i>	
	<i>Claravis mondetoura</i> *	
	<i>Strix virgata</i> *	
	<i>Caprimulgus arizonae</i>	
	<i>Eugenes fulgens</i> *	
	<i>Trogon collaris</i>	

ANEXO 7

Mapa del área de endemismo aviar no. 18, que corresponde a Mesoamérica
Mapas de las áreas de endemismo para Centroamérica, de aves, reptiles y anfibios y mariposas



Mapa del área de endemismo aviar (EBA) correspondiente a Mesoamérica (según Stattersfield, 1998). En el recuadro está marcado dentro de la línea el EBA y sombreado en gris las áreas de más de 1000 mSNM.



Áreas de endemismo para aves (nótese que corresponde a tierras altas, incluyendo RBSM). Estas áreas concuerdan es su distribución con las áreas de endemismo de reptiles y anfibios. Sin embargo, la distribución de áreas de endemismo de mariposas no concuerda con la distribución de áreas de endemismo aviar (Brown y Lomolino 1998).

ANEXO 8
FOTOGRAFÍAS



(a) Pavo de cacho. (b) Atardecer en el bosque nuboso. (c) *Basileuterus belli*, de las especies más comunes. (d) Vista del bosque desde la Peña del Ángel. (e) Vista de Sierra Yalijux desde la Peña del Ángel en Albores. (f) Forma de colocación de redes.

