

COMBINACIÓN DE MÉTODOS DE MUESTREO PARA REGISTRAR LA RIQUEZA DE ESPECIES DE AVES EN ECOSISTEMAS TROPICALES

Combination of sampling methods to record bird species richness in tropical ecosystems

JC Bojorges B , L López-Mata, LA Tarango-Arámbula, JG Herrera-Haro, GD Mendoza-Martínez

(JCBB) Instituto de Recursos, Universidad del Mar. Campus Puerto Escondido, Km 2.5, carretera a Sola de Vega, San Pedro Mixtepec 71980, Oaxaca, México. josebojorges@zicatela.umar.mx (LLM) (JGHH) (GDMM) Colegio de Postgraduados. Montecillo (LATA) Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.

Artículo recibido: 2 de agosto de 2005, **aceptado:** 11 de julio de 2006

RESUMEN. En este estudio se combinaron sitios de conteo, captura de individuos y recorridos aleatorios para el registro de especies de aves en tres áreas de muestreo: potrero, selva con regeneración intermedia y selva madura. En cada área así como para toda la zona de estudio se determinó la riqueza de especies verdadera (especies registradas dentro y fuera de los sitios de conteo) y la riqueza de especies observada (especies registradas solo dentro de los sitios de conteo). Los valores de la riqueza verdadera y observada fueron comparados con una prueba de χ^2 para determinar su independencia al método utilizado. Se obtuvieron curvas de acumulación de especies y se estimó la riqueza posible para cada área y zona de estudio. La riqueza de especies verdadera y observada y sus valores estimados se compararon con una prueba de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas. La riqueza verdadera y observada en la zona de estudio incluyeron 171 y 114 especies respectivamente. La selva con regeneración intermedia presentó la mayor riqueza con 126 y 82 especies. Las curvas de acumulación no alcanzaron una asíntota al terminar el muestreo. La riqueza fue independiente del método empleado (χ^2 ; $p < 0.05$) y no difirió (Kruskal-Wallis; $p > 0.05$) entre las áreas de estudio. La riqueza verdadera fue sobreestimada cuando el muestreo incluyó datos tanto de los sitios de conteo como del registro aleatorio. La combinación de métodos estándares de recuento y de registro aleatorio se sugiere para la detección de una riqueza representativa de especies de aves.

Palabras clave: Métodos de muestreo, riqueza de especies, aves, ecosistemas tropicales.

ABSTRACT. Counting sites, capture of individuals and random walks were combined in this study to record bird species in three sampling areas: pasture, regenerating forest and mature forest. The true species richness (species recorded inside and outside of the counting sites) and the observed species richness (species recorded only within the counting sites) were determined in each area, as well as throughout the study area. The true and observed richness values were compared with an χ^2 test to determine the independence from the method used. Species accumulation curves were obtained and the richness that is possible for each area and that for the entire study area were estimated. The true and observed species richness and their estimated values were compared with a Kruskal-Wallis test to determine significant differences. The true and observed richness in the study area included 171 and 114 species respectively. The regenerating forest had the greatest richness with 126 and 82 species. The accumulation curves did not reach an asymptote at the end of the sampling. Richness was independent of the method used (χ^2 ; $p < 0.05$) and did not differ (Kruskal-Wallis; $p > 0.05$) among the study areas. The true richness was overestimated when sampling included data from the counting sites as well as from the random walks. The combination of standard methods of counting and random walks is suggested for the detection of a representative bird species richness.

Key words: Sampling methods, species richness, birds, tropical ecosystems.

INTRODUCCIÓN

La determinación de la riqueza de especies de aves en ambientes tropicales requiere una labor intensiva para lograr el mayor registro de especies

(Herzog *et al.* 2002). Debido a que el muestreo intensivo es realizado ocasionalmente, la mayoría de los estudios se basan en estaciones de muestreos como puntos de conteo y transectos que excluyen individuos fuera de estos (Herzog *et al.* 2002; Bro-

se *et al.* 2003); por lo que tienden a subestimar la riqueza de especies en la comunidad de interés (Hellmann & Fowler 1999). Este sesgo se incrementa con la riqueza de especies verdadera y decrece con su detectabilidad media (Boulinier *et al.* 1998). En este sentido, para obtener un inventario representativo deben considerarse factores que influyen en la detectabilidad de las especies, por ejemplo, la experiencia del investigador (Sauer *et al.* 1994), las condiciones ambientales, los métodos utilizados y la variación temporal de la detectabilidad de las especies (Rollfinke & Yahner 1990; Boulinier *et al.* 1998).

Adicionalmente, otros métodos cuantitativos se han propuesto para estimar la riqueza de especies e inferir que tan completo es un inventario (Chazdon *et al.* 1998; Longino *et al.* 2002). No obstante, estos métodos presentan limitaciones relacionadas con la detectabilidad y movilidad de las especies, con los supuestos matemáticos que se requieren para el cálculo cuantitativo y con su precisión y exactitud; de estas últimas, la segunda es el parámetro deseado en un estimador, ya que una alta exactitud no es sesgada ni variable (Boulinier *et al.* 1998; Hellmann & Fowler 1999; Brose & Martínez 2004).

La inferencia y determinación de la riqueza de especies son importantes para el planteamiento y prueba de hipótesis ecológicas (Colwell & Coddington 1994; Gaston 1996; Nichols *et al.* 1998). Adicionalmente, la necesidad de sustentar los programas de conservación, especialmente en hábitat tropicales, está ligada a las limitaciones de los métodos de muestreo impuestas por el ambiente mismo, lo cual ha dado lugar al desarrollo de métodos para evaluar rápidamente comunidades biológicas (O'Dea *et al.* 2004). Dentro de estos métodos se incluyen la evaluación de listas de especies (Herzog *et al.* 2002; O'Dea *et al.* 2004) así como la combinación tanto de registros visuales como auditivos y la captura de individuos (Remsen & Good 1996; Stiles & Bohórquez 2000).

La combinación de métodos de muestreo incrementa la probabilidad de detectar especies, lo que permite registrar un mayor número de estas. En este trabajo se determinó la riqueza de especies con puntos de conteo en combinación con el método de recorrido aleatorio (Fjeldsø 1999). La importancia de la combinación de ambos métodos se discute

como una alternativa para lograr el mayor registro de especies en ambientes tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en la zona de protección de flora y fauna Santa Gertrudis (Anónimo 1982), la cual tiene una área de 930 ha y se localiza en el Municipio de Vega de Alatorre en el Estado de Veracruz (19° 49'-19° 51' N y 96° 32'- 96° 37' W) a una altitud de 400 a 900 m. El clima es semicálido con temperatura promedio anual de 22 °C. La precipitación anual es de 2 275 mm, de la cual aproximadamente el 68 % ocurre de junio a noviembre (García 1988). La vegetación dominante es selva mediana subperennifolia (Miranda & Hernández 1963), de la cual del 25 al 50 % de los árboles pierden su follaje de diciembre a abril (Pennington & Sarukhán 1998). El sotobosque está caracterizado por *Litsea glaucescens* (Lauraceae), *Nectandra ambigens* (Lauraceae) y *Picramnia andicola* (Simaroubaceae), el dosel intermedio lo constituyen *Aphananthe monoica* (Ulmaceae), *Bursera simaruba* (Burseraceae), *Croton soliman* (Euphorbiaceae) y *Dendropanax arboreus* (Araliaceae), el dosel superior está representado por *A. monoica*, *B. simaruba*, *Cecropia obtusifolia* (Cecropiaceae), *Cedrela odorata* (Meliaceae), *D. arboreus*, y *Ficus glabra* (Moraceae) (Godínez-Ibarra & López-Mata 2002).

La riqueza de especies de aves fue registrada en áreas de proporciones continuas, seleccionadas con base en su grado de perturbación y análisis visual de la estructura de la vegetación; estas representaron diferentes fases de regeneración: potrero, selva con regeneración intermedia y selva madura (Bojorges & López-Mata 2005).

El potrero tiene una superficie aproximada de 70 ha, fue creada para prácticas ganaderas y periódicamente es sometida a labores de quema. La cubierta vegetal es dispersa, de aproximadamente 1 m de altura, aunque pueden encontrarse arbustos de hasta 5 m de altura. La selva con regeneración intermedia alberga en el sotobosque al 90 % de los individuos con alturas hasta de 10 m. El dosel intermedio y superior lo conforman individuos con alturas de entre 10 y 20 m y mayores a los 20 m de altura, respectivamente (Godínez-Ibarra & López-Mata 2002). La selva madura es un parche de aproximada-

mente 13 ha, la mayoría de los individuos se localiza en el dosel intermedio y superior y los componen individuos con alturas entre 10.1 y 20 m y con más de 20 m respectivamente. El sotobosque lo integran individuos con 10 m de altura máxima (Marín 2002).

La frecuencia y duración de los muestreos se determinaron con base en la documentación previa de las especies (Bojorges & López-Mata 2001) y con criterios modificados de Gómez de Silva & Medellín (2001). Tales modificaciones consistieron en realizar muestreos en lapsos de uno y dos meses y en el número de días dedicados a cada área; lo que se debió a la inaccesibilidad de la zona en temporada de lluvias. El trabajo de campo comprendió 78 días, de noviembre de 1999 a abril de 2000 durante lo cual se muestreó una semana por mes; y de octubre de 2001 a diciembre de 2002 una semana cada dos meses.

En cada área se ubicaron cuatro sitios de muestreo con una superficie de una hectárea cada uno y con una separación mínima de 200 m entre sí. En cada sitio se estableció un punto de conteo para el registro y recuento de especies de aves y se colocaron de manera eventual cuatro redes de niebla para la captura de individuos. Además, las aves en la periferia de los sitios de muestreo fueron registradas no sistemáticamente o con recorridos aleatorios (Fjeldsø 1999; Bojorges & López-Mata 2001; Bojorges & López-Mata 2005) para detectar especies no observadas dentro de éstos. Estas actividades se realizaron durante seis horas a partir del amanecer y de las 16:00 horas hasta el anochecer. Dos días fueron dedicados por cada área y se acumularon 660 h de observación.

Las especies se identificaron visualmente mediante su cotejo con las guías de campo de Howell & Webb (1995) y Anónimo (1999) y auditivamente con grabaciones obtenidas de Coffey & Coffey (1989). Para fines de este trabajo, la riqueza de especies verdadera se consideró como el número total de especies recolectadas y observadas en una comunidad (Brose *et al.* 2003), es decir, la suma de las especies registradas dentro y fuera de los puntos de conteo, e incluso las especies capturadas que no se registraron visual o auditivamente. Los especies registradas exclusivamente por captura no se incluyeron en los análisis estadísticos aquí realizados. Por otra parte, el número de especies registrado sólo en

los puntos de conteo fue contabilizado como la riqueza de especies observada.

Para evaluar el efecto del esfuerzo de muestreo sobre el estimador de riqueza de especies, el número de especies se estimó a partir de la riqueza observada y de la riqueza verdadera para cada área y para la zona de estudio. El Indicador de Cobertura basado en Frecuencia (ICF) incluido en el programa Estimates (Colwell 2000) fue utilizado, ya que el ICF es razonablemente exacto (Brose & Martínez 2004) y es considerado robusto por ser poco sensible al tamaño de muestra y a la distribución no heterogénea de las especies. El Indicador de Cobertura basado en Frecuencia se basa en el concepto estadístico de cobertura de muestra e infiere la riqueza de especies con pocas unidades muestreadas (Chazdon *et al.* 1998). Para determinar si se había registrado la mayoría de las especies en cada área y en la totalidad de la zona de estudio se obtuvieron, partir de la riqueza observada y de la riqueza verdadera, curvas de acumulación de especies con ayuda del programa Estimates (Colwell 2000).

La riqueza de especies verdadera y observada para cada área, a excepción de las consideradas para la zona de estudio, fueron comparadas con una prueba de χ^2 para determinar si la riqueza específica era independiente del método utilizado. Los valores de la riqueza verdadera y observada, así como los valores de las riquezas estimadas fueron comparadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

La riqueza verdadera registrada para la zona de estudio fue de 171 especies, la selva con regeneración intermedia presentó la mayor riqueza con 126, en las de potrero y selva madura se registraron 99 y 45 especies respectivamente. La riqueza observada para la zona de estudio fue de 114 especies, la selva con regeneración intermedia presentó la mayor riqueza con 82, en las áreas de potrero y selva madura se registraron 69 y 41 especies respectivamente. De acuerdo con ICF, la riqueza verdadera estimada sería de 189 especies para la zona de estudio, de 125 para el área 1, de 127 para la 2 y de 50 especies para el área 3. La riqueza observada estimada debería corresponder a 122 especies para la zona de estudio, a 77 para el área de potrero, a 83

para el área de selva con regeneración intermedia y 43 especies para el área de selva madura. Tanto la riqueza verdadera como la observada en el área de potrero representaron entre el 79.2 y 89.6 % de las especies estimadas, respectivamente. Mientras que, para las otras áreas y zona de estudio representaron entre el 90.5 y 99.2 % de las especies estimadas en cada una de estas. A excepción de la curva de acumulación de especies del área 2, las curvas obtenidas en las otras áreas y zona de estudio mostraron un incremento que no alcanzó una asíntota al término del muestreo (Figuras 1 y 2).

A pesar de no ser incluidos en el análisis, por medio de las capturas con redes (780 h/red por área en promedio) se capturaron 46 especies, tres de estas sólo se registraron por este medio.

Las riquezas verdadera y observada fueron independientes del método empleado (χ^2 ; $p < 0.05$). Las riquezas verdadera, observada y estimadas no difirieron significativamente (Kruskal-Wallis; $p > 0.05$).

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la máxima riqueza de especies de aves se obtuvo al combinar el punto de conteo con el registro no sistemático de aves (recorridos aleatorios) en la periferia de los mismos, esto permitió el registro de un mayor número de especies en cada estación de muestreo y consecuentemente en la zona de estudio. Esta combinación es eficiente ya que los registros pueden realizarse durante todo el día y puede incluirse en el inventario aquellas especies que no fueron detectadas en el punto de conteo (Fjeldsø 1999). Un listado taxonómico de las especies registradas en cada área puede ser consultado en Bojorges & López-Mata (2005).

Teóricamente, la riqueza de especies en una comunidad es relativamente fácil de cuantificar debido a que es finita (Walther & Morand 1998) y a que la identificación de especies de aves es menos difícil que en otros taxones (Remsen 1994). En la práctica, son varios los factores asociados con la detectabilidad de las especies que influyen para que este atributo no pueda medirse apropiadamente (Herzog et al. 2002). En ambientes tropicales, la determinación de la riqueza se dificulta debido a que puede registrarse un alto número de especies. Adicionalmente, la

heterogeneidad del hábitat, la visibilidad escasa y la considerable movilidad de los organismos dificultan la cuantificación de especies (Terborgh et al. 1990; Remsen 1994), por lo que un muestreo extensivo e intensivo se requiere para registrar la mayor cantidad de especies posible (Brose & Martínez 2004).

La riqueza de especies verdadera registrada en este trabajo es el resultado de un mayor esfuerzo de muestreo en relación con la riqueza observada, ya que la detección de especies se incrementó con la intensidad de muestreo (Baltanás 1992; Bunge & Fitzpatrick 1993). La combinación de métodos visuales, auditivos y las pocas especies registradas con capturas (Stiles & Bohórquez 2000) permite sugerir que no existen sesgos graves en el presente inventario. Sin embargo, aun cuando se puede argumentar que los muestreos realizados y el área cubierta fueron suficientes para registrar la mayoría de las especies que ocurren regularmente en la zona, las curvas de acumulación de especies indican que la riqueza es susceptible de incrementarse a través del tiempo. Esto sería consecuencia de la presencia de especies accidentales, transitorias y/o especies que no se detectaron con los métodos utilizados, así como al movimiento de especies entre las áreas de estudio (Bojorges & López-Mata 2005). En este contexto, el estimador sugiere que podrían registrarse entre 1 y 26 especies en las áreas de estudio y 18 especies en la zona de estudio.

Comparativamente, la riqueza observada y su valor estimado en cada área y zona de estudio es menor que la riqueza verdadera, lo cual indicó que el número de especies es subestimado cuando se incluyeron solamente los puntos de conteo. Esta subestimación concuerda con Herzog et al. (2002) y Brose et al. (2003). Sin embargo, la inexistencia de diferencias significativas entre ambos grupos de riquezas así como la independencia de los métodos empleados sugiere lo contrario.

A este respecto, a pesar de que la estimación estadística de la riqueza de especies con base en unidades de muestreo se ha incrementado (Longino et al. 2002; Cao et al. 2004), éstos presentan limitaciones debido a sesgos en el muestreo y en la detección de especies (Gaston 1996). En este sentido, los resultados aquí obtenidos sugieren que el estimador ICF fue influido por las especies registradas una y dos veces durante el muestreo (Brose & Martínez

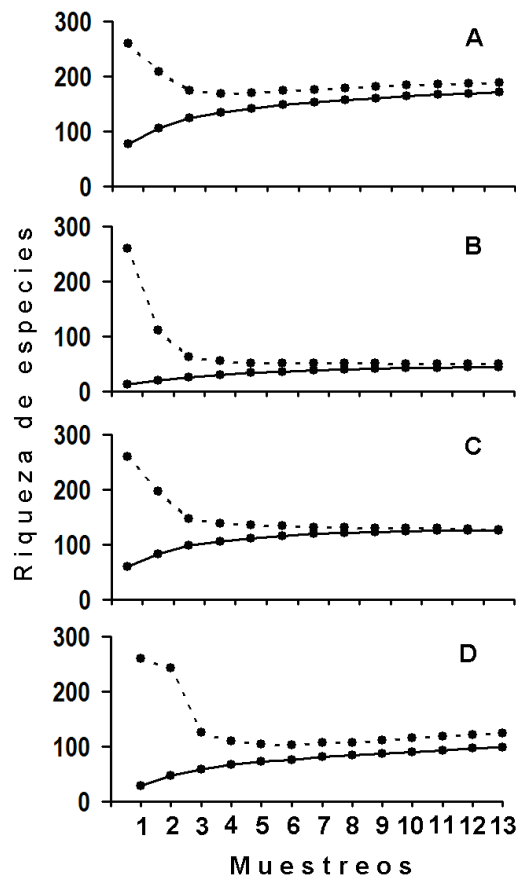


Figura 1. Curvas de acumulación de especies de la riqueza verdadera (líneas continuas) y curvas del estimador (líneas discontinuas). Los muestreos realizados de enero de 1999 a abril de 2000 y de octubre de 2001 a diciembre de 2002, son indicados por los números 1 a 6 y 7 a 13 respectivamente. A: zona de estudio, B: selva madura, C: selva con regeneración intermedia, D: potrero.

Figure 1. Species accumulation curves of true richness (continuous lines) and estimator curves (discontinuous lines). The samplings of January 1999 to April 2000 and of October 2001 to December 2002 are indicated by the numbers 1 to 6 and 7 to 13 respectively. A: study area, B: mature forest, C: regenerating forest, D: pasture.

2004). Adicionalmente, el funcionamiento del estimador es afectado por el incremento de la movilidad de los organismos, ya que la cobertura de muestreo se reduce (Brose & Martínez 2004). Al utilizar sólo datos de los sitios de conteo, el estimador subestima la riqueza de especies verdadera, estos resultados difieren con lo registrado por Chazdon *et al.* (1998) y Brose & Martínez (2004), pero concuerdan con Palmer (1990) y Chazdon *et al.* (1998), ya que el número de especies observado en la comunidad subestimó la riqueza de especies verdadera.

Aún cuando esta tendencia puede revertirse a medida que se incrementa el esfuerzo de mues-

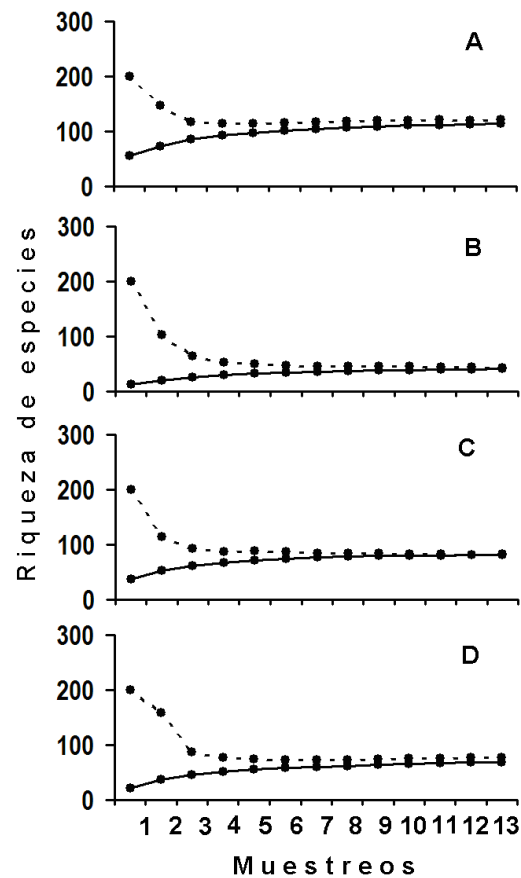


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada (líneas continuas) y curvas del estimador (líneas discontinuas). Los muestreos realizados de enero de 1999 a abril de 2000 y de octubre de 2001 a diciembre de 2002, son indicados por los números 1 a 6 y 7 a 13 respectivamente. A: zona de estudio, B: selva madura, C: selva con regeneración intermedia, D: potrero.

Figure 2. Species accumulation curves of observed richness (continuous lines) and estimator curves (discontinuous lines). The samplings of January 1999 to April 2000 and of October 2001 to December 2002 are indicated by the numbers 1 to 6 and 7 to 13 respectively. A: study area, B: mature forest, C: regenerating forest, D: pasture.

treeo (Hellmann & Fowler 1999), la riqueza verdadera puede ser sobreestimada debido a este incremento. Como ejemplo, la inclusión de datos tanto de los puntos de conteo como del registro libre. Lo anterior, es común en la mayoría de los estimadores de riqueza de especies (Walther & Martin 2001), por lo que puede argumentarse que el esfuerzo de muestreo influye en la inferencia de la riqueza de especies. A este respecto, Brose & Martínez (2004) mencionaron que la aplicabilidad de ICF en comunidades con alta movilidad aun está en evaluación, lo que podría explicar las limitaciones de este.

La determinación exacta de la riqueza de es-

pecies puede incrementar la habilidad para responder preguntas de carácter ecológico y puede servir de guía en la toma de decisiones para la conservación (May 1988; Walther & Martín 2001). Su determinación requerirá de la estandarización de métodos que consideren el tamaño mínimo de muestras y esfuerzo de muestreo. La estimación de la riqueza de especies por medio de métodos cuantitativos deberá ser exacta para que estos puedan aplicarse como herramientas de estimación rápida en comunidades de aves tropicales (Walther & Martin 2001) y en general en comunidades con alta riqueza de especies.

En ambientes tropicales, los métodos estándares de censo y conteo de especies de aves son difíciles de aplicar y necesitan modificarse (Terborgh *et al.* 1990; Remsen 1994; Poulsen *et al.* 1997; Shankar 2003). Ante esta situación, es necesario ofrecer otras opciones que permitan registrar la mayor riqueza de especies y que ayuden en la determinación del valor y carácter ecológico de diferentes lugares (Balmer 2002). La combinación de métodos que permitan capitalizar sus bondades y al mismo minimizar sus deficiencias se ha propuesto como alternativa para realizar inventarios relativamente completos (O'Dea *et al.* 2004). La combinación aquí mencionada ofrece ser una alternativa para registrar la mayor riqueza de especies de aves en ecosistemas tropicales donde

es posible registrar un alto número de estas. Al considerar datos exclusivamente de los puntos de conteo se dejarían de detectar especies que no tienen una preferencia por algún sitio en particular, pero que son importantes en la caracterización de la riqueza de especies de la zona de interés, o bien que sugieran en algunos casos, extensión de su distribución conocida (Bojorges & López-Mata 2006).

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por CONACYT bajo convenio con L. López-Mata (CP-CONACYT-0443P-N) y por el Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados. Algunos aspectos de esta investigación fueron apoyados por las Fundaciones Telmex y Hombre Naturaleza por medio de una beca asignada a JCBB. Se agradece a Beatriz Aguilar por el préstamo del equipo de campo y a la familia Hernández, en particular a Bernardo Vega por su hospitalidad y las facilidades brindadas para el desarrollo de la investigación dentro de la zona de estudio. Raymundo Espinosa y Segundo Zárate prestaron su valiosa ayuda durante el trabajo de campo. Las críticas y observaciones de dos revisores anónimos mejoraron sustancialmente el contenido del trabajo.

LITERATURA CITADA

- Anónimo (1982) Diario Oficial de la Federación. Decreto por el que se establece la Zona de Protección Forestal y Faúnica en la región conocida como Santa Gertrudis, que se localiza dentro de una superficie de 925 ha, de propiedad particular en el Municipio de Vega de Alatorre, Veracruz. Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República. México, D. F., lunes 16 de agosto de 1982. pp 73-74.
- Anónimo (1999) Field guide to the birds of North America. National Geographic Society, Washington, D. C. 480 pp.
- Balmer O (2002) Species Lists in Ecology and Conservation: Abundances Matter. *Conserv. Biol.* 16(4): 1160-1161.
- Baltanás A (1992) On the use of some methods for the estimation of species richness. *Oikos* 65(3): 484-492.
- Bojorges BJC, López-Mata L (2001) Abundancia y distribución temporal de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. Ser. Zool.* 72: 259-283.
- Bojorges BJC, López-Mata L (2005) Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 21(1): 1-20.
- Bojorges BJC, López-Mata L (2006) Notas adicionales sobre la distribución de algunas especies de aves en Veracruz, México. *Cotinga* (en prensa).
- Boulinier T, Nichols JD, Sauer JR, Hines JE, Pollock KH (1998) Estimating species richness: The importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology* 79(3): 1018-1028.

- Brose U, Martínez ND, Williams RJ (2003) Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. *Ecology* 84(9): 2364-2377.
- Brose U, Martínez ND (2004) Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos* 105(2): 292-300.
- Bunge J, Fitzpatrick M (1993) Estimating the number of species: a review. *J. Am. Stat. Assoc.* 88(421): 364-373.
- Cao Y, Larsen DP, White D (2004) Estimating regional species richness using a limited number of survey units. *Ecoscience* 11(1): 23-35.
- Chazdon RL, Colwell RK, Denslow JS, Guariguata M (1998) Statistical estimation of species richness of woody regeneration in primary and secondary rainforests of northeastern Costa Rica. En: Dallmeier F, Comiskey J (eds) *Forest Biodiversity in North, Central, and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Parthenon, Paris: 285-309.
- Coffey BB Jr, Coffey LC (1989) *Songs of Mexican Birds*. Ara Records. Gainesville, FL. [cassette tape]
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 345(1311): 101-118.
- Colwell RK (2000) Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 6.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Fjeldså J (1999) The impact of human forest disturbance on the endemic avifauna of the Udzungwa Mountains Tanzania. *Bird Conserv. Int.* 9(1): 47-62.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios, México D. F. 222 pp.
- Gaston KJ (1996) Species richness: measure and measurement. En: Gaston KJ (ed.). *Biodiversity: a biology by numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford UK: 77-113 pp.
- Godínez-Ibarra O, López-Mata L (2002) Estructura, composición, riqueza y diversidad de especies de árboles en tres muestras de una selva mediana subperennifolia. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Bot.* 73(2): 259-283.
- Gómez de Silva GH, Medellín R (2001) Evaluating completeness of species lists for conservation and macroecology: case-study of Mexican land birds. *Conserv. Biol.* 15(5): 1384-1395.
- Hellmann JJ, Fowler GW (1999) Bias, precision and accuracy of four measures of species richness. *Ecol. Appl.* 9(3): 824-834.
- Herzog SK, Kessler M, Cahill TM (2002) Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. *Auk* 119(3): 749-769.
- Howell SNG, Webb S (1995) *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University. Nueva York. 851 pp.
- Longino JT, Coddington J, Colwell RK (2002) The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology* 83(3): 689-702.
- Marín CVH (2002) Importancia económica de productos forestales no maderables en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz. Tesis de licenciatura. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. 106 pp.
- May RM (1988) How many species on earth? *Science* 241: 1441-1449.
- Miranda F, Hernández XE (1963) Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28: 29-179.
- Nichols JD, Boulmier T, Hines JE, Pollock KH, Sauer JR (1998) Estimating rates of species extinction, colonization and turnover in animal communities. *Ecol. Appl.* 8(4): 1213-1225.
- O'Dea N, Watson JEM, Whittaker RJ (2004) Rapid assessment in conservation research: a critique of avifaunal assessment techniques illustrated by Ecuadorian and Madagascan case study data. *Diversity Distrib.* 10(1): 55-63.
- Palmer MW (1990) The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology* 71: 1195-1198.

- Pennington TD, Sarukhán J (1998) Árboles tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. D. F. 521 pp.
- Poulsen BO, Krabbe N, Frølander A, Hinojosa MB, Quiroga CO (1997) A rapid assessment of Bolivian and Ecuadorian montane avifaunas using 20-species lists: efficiency, biases and data gathered. *Bird Conserv. Inter.* 7(1): 53-67.
- Remsen JV (1994). Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *Auk* 111(1): 225-227.
- Remsen JV, Good DA (1996) Misuse of data from mist-net captures to assess relative abundance in bird populations. *Auk* 113(2): 381-398.
- Rollfinke FB, Yahner RH (1990) Effects of time of day and season on winter bird counts. *Condor* 92(1): 215-219.
- Sauer JR, Peterjohn BG, Link WA (1994) Observer differences in the North American Breeding Bird Survey. *Auk* 111(1): 50-62.
- Shankar RTR (2003) Assessment of census techniques for interspecific comparisons of tropical rainforest bird densities: a field evaluation in the Western Ghats, India. *Ibis* 145: 9-21.
- Stiles FG, Bohórquez CI (2000) Evaluando el estado de la Biodiversidad: el caso de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia* 22(1): 61-69.
- Terborgh J, Robinson SK, Parker III TA, Munn CA, Pierpont N (1990) Structure and organization of an Amazonian bird community. *Ecol. Monogr.* 60(2): 213-238.
- Walther BA, Morand S (1998) Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology* 116(4): 395-405.
- Walther BA, Martin JL (2001) Species richness estimation of bird communities: How to control for sampling effort? *Ibis* 143(3): 413-419.