

Riqueza de especies de aves: propuestas metodológicas para su evaluación y estimación

José Cruz Bojorges Baños*

La caracterización de las comunidades biológicas requiere de la documentación de sus propiedades emergentes; de estas, la riqueza específica es la más frecuentemente utilizada para describir una taxocenosis basándose sólo en el número de especies presentes, sin tomar en consideración el valor de importancia relativa de las mismas (Magurran 1988, 2004, Gaston 1996, Moreno 2001, Gaston & Spicer 2004). Los estudios de riqueza de especies de aves son ampliamente utilizados como inventarios de la biodiversidad y son un medio relativamente sencillo y eficiente para su estimación (Rosenstock *et al.* 2002, Watson 2003); adicionalmente, sirven como base de gran cantidad de investigaciones ecológicas, para determinar planteamientos contemporáneos y prioridades de conservación (Blackburn & Gaston 1998, Rosenstock *et al.* 2002), para calibrar la eficiencia de prácticas de manejo y para documentar la distribución y ocurrencia de las poblaciones, así como sus respuestas a perturbaciones o impacto ambiental (Fjeldså 1999, Freudenberger 2001, Watson 2003). Por lo anterior, la cuantificación de la riqueza de especies de aves ha ganado importancia.

Sin embargo, las metodologías desarrolladas para realizar inventarios de avifauna varían en su ejecución debido principalmente a la falta de estandarización de las mismas; por lo que factores como el hábitat, tipo de vegetación, la región de interés, entre otros, influyen en la obtención de resultados engañosos (Rosenstock *et al.* 2002 y referencias

ahí citadas). Adicionalmente es bien conocido que frecuentemente no todas las especies presentes en un lugar y tiempo determinado pueden ser registradas (Chao *et al.* 2005, Kéry & Schmid 2006, O'Dea *et al.* 2006).

Aunado a tales limitaciones, la necesidad de generar rápidamente información, que sea aplicable en la toma de decisiones de conservación (*e.g.* áreas protegidas); ha conducido al desarrollo de metodologías para maximizar la recolección de datos, sobre todo cuando el personal, el tiempo y el presupuesto son limitados (Poulsen & Krabbe 1998). La combinación de métodos de muestreo (Bojorges *et al.* 2006) y el desarrollo de estimadores y métodos relativamente nuevos, ofrecen ser alternativas eficaces para caracterizar la riqueza de especies en un área, ensamble o sistema (O'Dea *et al.* 2006). En este trabajo se revisan de manera general metodologías propuestas para: 1) obtener un inventario de especies de aves razonablemente completo; 2) para realizar evaluaciones rápidas de la riqueza de especies de aves; y 3) para estimar la riqueza de especies.

Propuestas metodológicas

De acuerdo con Walther & Morand (1998), la riqueza de especies en una comunidad puede cuantificarse ya que es finita. Sin embargo, debido al efecto de muestreo, la determinación de este atributo en ensamblajes locales y aproximadamente homogéneos no es precisa,

particularmente en comunidades con alta riqueza específica y una fracción importante de especies raras (Colwell *et al.* 2004, Magurran 2004) y donde factores asociados con la detectabilidad de las especies como la movilidad de los organismos obstaculizan su cuantificación e influyen para que la riqueza no pueda medirse apropiadamente (Terborgh *et al.* 1990, Remsen 1994, Herzog *et al.* 2002). Lo anterior es más evidente en ambientes tropicales, donde la determinación de la riqueza se dificulta debido a la heterogeneidad del hábitat, a la visibilidad escasa y a que puede registrarse un alto número de especies.

La riqueza de especies de aves puede ser cuantificada por medio de muestreos en comunidades locales (Palmer 1990, Collwel & Coddington 1994), para lograr un inventario representativo y aproximadamente completo se requiere una labor extensiva e intensiva (Brose & Martínez 2004) y la aplicación de métodos que aseguren registrar la mayor cantidad de especies posible. Tradicionalmente, la mayoría de los inventarios de las comunidades de aves se basan en observación y capturas de individuos en estaciones de muestreo (puntos de conteo o transectos) en diferentes hábitat y consideran además lapsos que varían desde meses hasta varios años, como los trabajos de Bojorges & López-Mata (2001) y Silveira *et al.* (2005). No obstante, aún cuando dicha metodología ayuda obtener información útil para responder varios aspectos ecológicos de la avifauna, y documentar la presencia de especies inconspicuas o que se encuentran en épocas particulares (*e.g.* especies migratorias en invierno), difícilmente se detectará el número total de especies, por lo que la información no será representativa de la zona de interés y no será útil para discutir patrones, procesos o efectos de manejo a escala de parche, por ejemplo (Watson 2003, 2004). Adicionalmente, la falta de estandarización en el esfuerzo de muestreo puede provocar que la riqueza de especies esté incompleta. En este sentido, es común que la literatura científica

incluya un gran número de listados de incompletos (Gómez de Silva & Medellín 2001, Gómez de Silva 2005).

Una de las principales deficiencias del uso de estaciones de muestreo para realizar estudios de riqueza de especies de aves es la omisión de especies que circundan tales estaciones; ante tal situación, Fjeldså (1999) propuso el registro no sistemático de especies de aves para optimizar su detección. Consiste en realizar recorridos aleatorios dentro del área de interés para detectar el mayor número de especies posible. Este método se considera eficiente ya que los registros pueden realizarse todo el día y pueden incluirse en el inventario aquellas especies que no fueron detectadas de manera sistemática (*e.g.* en puntos de conteo). Registrar especies que no tienen preferencia por sitios particulares, además de ser importante para caracterizar la riqueza de la zona o región de interés, puede aportar información que sugiera en algunos casos extensiones de su distribución conocida (Bojorges & López Mata. 2006).

Al reconocer que la mayoría de los inventarios de especies de aves son incompletos, Watson (2003) propuso realizar un estudio estandarizado, donde todas las muestras deben ser equivalentemente completas. Así, este autor desarrolló el método de "búsqueda estandarizada" para comparar la riqueza de aves terrestres en parches de paisaje. Este método combina la comparabilidad y el rigor estadístico de los métodos basados en cuadros, con la flexibilidad y relevancia espacial de los métodos de tiempo variable, para producir datos completos estandarizados a escala de parche. Emplea una serie de "búsquedas de esfuerzo fijo", las cuales consisten en caminatas a través del área de interés por lapsos de 20 minutos, detectando visual y auditivamente la avifauna presente. La búsqueda finaliza cuando el número de especies vistas en un solo periodo de muestreo es menor o igual al número de especies vistas en dos periodos de muestreo y cuando después de tres periodos consecutivos de

muestreo no se registran otras especies. Este método es consistente a escala de parche, maximiza el registro de especies por lo que la estimación de la riqueza de especies es robusta. Es relativamente simple de realizar, requiere poco esfuerzo de muestreo y pueden realizarse observaciones adicionales útiles para cuantificar el valor del hábitat para la avifauna (Watson /2004).

Por otra parte, debido a que en ambientes tropicales los métodos estándares de muestreo de especies de aves son difíciles de aplicar y necesitan modificarse (Terborgh *et al.* 1990, Remsen 1994, Poulsen *et al.* 1997, Shankar 2003), la combinación de métodos ha sido empleada como opción para realizar inventarios de avifauna. La combinación de registro visual y auditivo es considerado una combinación efectiva y eficiente para inventariar avifauna en bosque tropicales (Stiles & Bohórquez 2000); no obstante, el alto número de especies posibles de registrar, el desconocimiento de la mayoría de los cantos de estas y no estar familiarizado con la identificación visual de los individuos, es una limitante importante en la determinación de las especies. En este sentido, para evitar sesgos en el inventario, es altamente recomendable que los muestreos sean realizados por personal con experiencia en la identificación de especies de manera visual y auditiva. Bojorges *et al.* (2006) propusieron la combinación de recorridos aleatorios (Fjeldså 1999) y puntos de conteo para registrar la mayor riqueza de especies de aves en ambientes donde es posible registrar un alto número de estas; concluyendo que el registro no sistemático en combinación con el registro de especies en estaciones de muestreo incrementa la detección de especies de aves y ofrece ser una buena opción en ecosistemas tropicales.

La combinación de métodos que permitan capitalizar sus bondades y minimizar sus deficiencias se ha propuesto como alternativa para obtener inventarios relativamente completos (O'Dea *et al.* 2004). Sin embargo, al finalizar el periodo de muestreo empleando

uno o varios métodos es común preguntarse ¿qué tan completo es el inventario obtenido?, ¿estarán en el listado todas las especies que regularmente ocurren en la zona o región de interés?, ¿se habrán registrado la mayoría de especies raras? Para inferir lo anterior puede realizarse un cotejo de la distribución geográfica conocida de las especies registradas, o bien comparar el inventario obtenido con otros inventarios de zonas aledañas para verificar la presencia de las especies (Bojorges & López-Mata 2005). Adicionalmente, Gómez de Silva & Medellín (2001) aportaron criterios para agregar rigor en la evaluación de inventarios de especies; para estudios basados en listados de especies de aves terrestres en México su propuesta reconoce listas incompletas cuando faltan especies, géneros y familias de taxones omnipresentes, o que están presentes regionalmente en diversos hábitat, y si contienen un cierto número mínimo de especies y familias. Esta propuesta también es útil para identificar áreas críticas para conservación, periodos del año que necesitan mas intensidad de muestreo para generar listas mas completas y para reconocer y corregir sesgos en los métodos de campo. Si bien, esta propuesta es interesante y útil para inferir qué tan completo es un listado de especies, no es un método que pueda aplicarse a todos los tipos de hábitat o a superficies mayores o menores a las utilizadas por estos autores, por lo que la falta de estandarización sigue siendo limitante.

Por otra parte, recientemente se han desarrollando métodos para estimar de manera rápida la riqueza de especies. Particularmente en comunidades de aves tropicales, el método más utilizado para este propósito es el conteo de 20 especies, también conocido como la "lista McKinnon" (Mackinnon & Phillips 1993, Poulsen *et al.* 1997, Fjeldså 1999, Bibby *et al.* 2000, O'Dea *et al.* 2004). De acuerdo a este método, todas las especies observadas visualmente o escuchadas en un sitio de punto de conteo son agrupadas en listas consecutivas de 20

especies. Posteriormente, con las listas obtenidas se genera una curva de acumulación de especies, la cual representa la riqueza de especies observada que se utiliza para estimar la riqueza total de especies. Además de ser un método atractivo por su simplicidad, relaciona la riqueza de especies con el número de observaciones, mas que con el área, y permite comparar los datos obtenidos por diferentes observadores (Herzog *et al.* 2002) y diferentes estudios (Poulsen *et al.* 1997). Se ha considerado que este método, aún cuando presenta sesgos estos no son mayores a los que presenta cualquier otro método de conteo (Poulsen *et al.* 1997). Sin embargo, una de las principales limitantes de este método es la falta de estandarización del esfuerzo de muestreo, particularmente cuando este ha sido insuficiente para alcanzar las asíntotas en sitios con alta riqueza de especies (Gotelli & Colwell 2001). Para el mismo esfuerzo de muestreo los sitios con baja riqueza son muestreados más intensamente en términos de número de individuos contados, por lo tanto, se obtendrían estimaciones de riqueza más altos que en los sitios más ricos (Lacher 2004). Herzog *et al.* (2002) hacen una serie de recomendaciones para estandarizar este método; entre estas están la experiencia con la identificación visual y auditiva de las especies y la recolección de datos por observadores experimentados, que son importantes para reducir sesgos en la elaboración de las listas. Los autores sugieren que, con un mínimo grado de estandarización y un cuidadoso análisis de datos, este método y la comparación cuantitativa de las curvas de acumulación de especies son herramientas útiles para el estudio y estimación de los patrones de riqueza de especies de aves.

Al igual que el registro aleatorio propuesto por Fjeldsá (1999), la lista Mackinnon puede registrar mejor las especies raras debido a que permite una búsqueda intensiva. Además de ser considerado un método rápido para estimar la riqueza de especies de aves en ambientes tropicales, también es adecuado para evaluar la magnitud de la riqueza de

especies, para determinar cuándo una localidad ha sido muestreada adecuadamente y para determinar la abundancia relativa de cada especie (Poulsen *et al.* 1997, Herzog *et al.* 2002, O'Dea *et al.* 2004).

Aunque muy poco utilizado, el "método de acumulación total de especies" propuesto por Ugland *et al.* (2003) es otra manera de abordar la estimación de especies. Este método extrapola la riqueza total de especies de un área grande utilizando una forma modificada de la curva de acumulación de especies obtenida de inventarios locales. O'Dea *et al.* (2006) analizan el funcionamiento de este método y mencionan que sobreestima la riqueza de especies, por lo que no mejora significativamente la estimación de esta. No obstante, provee una medida cuantitativa de la diversidad beta.

Los estimadores no paramétricos, al utilizar datos de presencia/ausencia de especies raras en estaciones de muestreo, ofrecen alternativas para la estimación de la riqueza de especies. Particularmente los Indicadores de Cobertura basados en Frecuencia y Abundancia (ACE e ICE) (Chazdon *et al.* 1998) proporcionan estimaciones robustas con relativamente pocas unidades de muestreo. No obstante, estos métodos presentan limitaciones debido principalmente a la detectabilidad de las especies. Brose & Martínez (2004) mencionaron que la aplicabilidad de ICE en comunidades con alta movilidad aun está en evaluación, lo que podría explicar sus limitaciones. En este sentido relativamente pocos estudios han utilizado estos métodos para estimar la riqueza de especies de aves.

La revisión de los diferentes métodos aquí citados hace evidente la necesidad de estandarizar el esfuerzo y la estrategia de muestreo. Dadas las ventajas y limitaciones de cada uno de estos puede proponerse que se combinen para examinar la estructura y composición de las comunidades de aves y su relación con factores ambientales (Reynaud & Thioulouse 2000). Utilizar métodos para estimar la riqueza de especies puede

incrementar la habilidad para responder preguntas de carácter ecológico y, si esta es utilizada como uno de los criterios para guiar decisiones de conservación, puede ser determinada adecuadamente (Walther & Martin 2001). En comunidades tropicales, especialmente, donde es posible registrar una alta riqueza de especies de aves, los métodos para registrar la mayor riqueza posible para determinar qué tan completo es un inventario de especies y para estimar la riqueza, son una herramienta para la realización de inventarios rápidos. De tal modo, las estimaciones rápidas pueden generar datos de alta calidad para guiar esfuerzos de conservación para áreas tropicales poco estudiadas y relativamente desconocidas (O'Dea *et al.* 2006).

Referencias

- Bibby, C.J., N.D. Burgess & D.A. Hill. 2000. Bird census techniques. Academic Press, London, 300 pp.
- Blackburn, T.M. & K.J. Gaston. 1998. Some methodological issues in macroecology. *American Naturalist* 151(1): 68-83.
- Bojorges, B.J.C. & L. López-Mata. 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(2): 259-283.
- Bojorges B.J.C. & L. López-Mata. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia del centro de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex.* 21(1): 1-20.
- Bojorges, B.J.C. & L. López-Mata. 2006. Notas adicionales sobre la distribución de algunas especies de aves en Veracruz, México. *Cotinga* 26:27-59.
- Bojorges, B.J.C., L. López-Mata., L.A. Tarango-Arámbula, J.G. Herrera-Haro & G.D. Mendoza-Martínez. 2006. Combinación de métodos de muestreo para registrar la riqueza de especies de aves en ambientes tropicales. *Universidad y Ciencia* 22(2):111-118.
- Brose, U. & N.D. Martínez. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos* 105(2): 292-300.
- Chazdon, R.L., R.K. Colwell, J.S. Denslow & M. Guariguata. 1998. Statistical estimation of species richness of woody regeneration in primary and secondary rainforests of northeastern Costa Rica. Pp: 285-309, *In* Dallmeier F. & J. Comiskey (eds.), *Forest Biodiversity in North, Central, and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Parthenon, Paris.
- Chao, A., R.L. Chazdon, R.K. Colwell & T.J. Shen. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8(2):148-159.
- Colwell, R.K. & J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. Roy. Soc. B.* 345(1311): 101-118.
- Colwell, R.K., C.X. Mao & J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85(10): 2717-2727.
- 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.
- Freudenberger, D. 2001. Bush for the Birds. Biodiversity Enhancement Guidelines for the Saltshaker Project, Booroowa, NSW. Report for Greening Australia ACT & SE NSW Inc., CSIRO, Canberra, 52 pp.
- Gaston, K.J. 1996. Species richness: measure and measurement. Pp: 77-113, *In* Gaston K.J. (ed.), *Biodiversity: a biology by numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom.
- Gaston, K.J. & J.I. Spicer. 2004. *Biodiversity: An introduction*. Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, 208 pp.
- Gómez de Silva, G.H. 2005. Límites inferiores de la diversidad alfa de aves en México y contribuciones del estudio de comunidades con baja diversidad Pp: 97-108, *In* Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Meliá (eds.), *Sobre la diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, 4. SEA, CONABIO, Grupo Diversitas & Conacyt, Zaragoza, México.
- Gómez de Silva, G.H. & R. Medellín. 2001. Evaluating completeness of species lists for conservation and macroecology: case-study of Mexican land birds. *Conservation Biology* 15(5): 1384-1395.
- Gotelli, N.J. & R.K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4(4): 379-391.
- Herzog, S.K., M. Kessler & T.M. Cahill. 2002. Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. *Auk* 119(3): 749-769.
- Kéry, M. & H. Schmid. 2006. Estimating species richness: calibrating a large avian monitoring programme. *J. Appl. Ecol.* 43(1):101-110.
- Lacher, T. Jr. 2004. Protocolo para monitoreo de aves. The Tropical Ecology, Assessment and Monitoring (TEAM) initiative. Washington, D.C., Consultado el 20 de agosto de 2006, disponible en: www.teaminitiative.org.
- Mackinnon, S. & K. Phillips. 1993. *A field guide to the birds of Borneo, Sumatra, Java and Bali*. Oxford University Press, Oxford, 692 pp.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New