

Avances de Investigación

Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica¹

Martha L. Enríquez-Lenis²; Joel C. Sáenz²; Muhammad Ibrahim³

Palabras claves: fincas ganaderas; fragmentación; sistemas silvopastoriles; usos de la tierra.

RESUMEN

En Centroamérica, el establecimiento de pasturas se ha convertido en una de las principales causas de la deforestación, originando paisajes fragmentados con parches de bosque, pasturas y cultivos agrícolas. La transformación del paisaje ha modificado las poblaciones de aves y su composición. Por lo tanto, es importante establecer rangos de cobertura arbórea a nivel de fincas y agropaisajes dominados por ganadería que contribuyan con la conservación de la fauna aviar. Se caracterizó la comunidad de aves y la vegetación en 12 fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica, para evaluar la relación entre la riqueza, abundancia y diversidad de aves y la cobertura vegetal del paisaje. Se identificaron los sistemas de usos de la tierra existentes en cada finca y en el centro de éstos se ubicaron puntos de conteo de aves. El muestreo de la vegetación se realizó en el mismo sitio del muestreo de aves. Además, se midieron la cobertura de dosel y el volumen de vegetación hasta una altura de 3 m. Se registraron 1901 individuos de 113 especies de aves, 31 familias y 9 géneros. La diversidad gama de aves fue de 126 especies según el modelo de Clench, con un esfuerzo de muestreo del 90%. Las especies residentes abundantes fueron *Crotophaga sulcirostris* (Tijo) y *Melanerpes hoffmannii* (Carpintero de Hoffmann), y las migratorias *Dendroica petechia* (Reinita amarilla) e *Icterus galbula* (Bolsero norteño). La diversidad vegetal (Shannon) explicó la riqueza ($R^2 = 0,66$; $p < 0,05$), abundancia ($R^2 = 0,49$; $p < 0,05$) y diversidad de aves ($R^2 = 0,63$; $p < 0,05$). A escala de finca, la cantidad fragmentos de bosque (% de cobertura) y la heterogeneidad de usos de la tierra influyeron sobre la diversidad ($R^2 = 0,70$; $p < 0,05$) y riqueza ($R^2 = 0,48$; $p < 0,05$) de aves, pero no se encontró relación entre el porcentaje de bosques aledaños a las fincas y su avifauna. La presencia de aves dependientes de fragmentos de bosque estuvo relacionada con el área de bosques en las fincas. Este estudio destaca la importancia de los fragmentos de bosque y la cobertura arbórea de las fincas para la conservación de las aves. Se sugiere que en los planes de manejo de las fincas se promueva la implementación de los sistemas silvopastoriles y se procure mantener los fragmentos de bosque.

Richness, abundance and diversity of birds and their relationship

with tree cover in an agricultural landscape dominated by cattle in the sub-humid tropics of Costa Rica

Keywords: cattle farms; fragmentation; land uses; silvopastoral systems.

ABSTRACT

In Central America, the establishment of pastures has become one of the main reasons driving deforestation, originating fragmented landscapes with forest patches, pastures, and crops. Landscape transformation has modified bird populations and their composition. Therefore, it is important to establish the tree cover range at both farm and agricultural landscapes level that will contribute to bird conservation. The community of birds and vegetation of 12 livestock farms in Esparza, Costa Rica, were characterised in order to evaluate the relationship between abundance, richness and diversity of birds and plant cover in this landscape. Land uses were identified in each farm and a counting point was established at the center of each system to count the birds, and vegetation was sampled in these same plots. Tree canopy cover and vegetation volume were also estimated. A total of 1901 birds from 113 species belonging to 31 families and 9 genera were recorded. The gamma diversity predicted by Clench's model was of 126 species with a sampling effort of 90%. The most abundant resident species were *Crotophaga sulcirostris* (Smooth-billed Ani) and *Melanerpes hoffmannii* (Hoffmann's woodpecker), and the most abundant migratory species were *Dendroica petechia* (Yellow warbler) and *Icterus galbula* (Northern oriole). Plant diversity (Shannon index) explained bird richness ($R^2 = 0.66$; $p < 0.05$), abundance ($R^2 = 0.49$; $p < 0.05$) and diversity ($R^2 = 0.48$; $p < 0.05$). At farm scale, forest cover (%) and land use diversity and heterogeneity influenced bird diversity ($R^2 = 0.70$; $p < 0.05$) and richness ($R^2 = 0.48$; $p < 0.05$); however, no relationship was found between the area of surrounding forests and the avifauna. The presence of forest-dependent birds was directly related to the area of remnant forest patches ($R^2 = 0.57$; $p < 0,05$). This study shows the importance of forest fragments and tree cover for bird conservation. Its results suggest that the implementation of silvopastoral systems and the conservation of forest fragments will strongly contribute to enhancing bird diversity in these agroecosystems.

¹ Basado en Enríquez, ML. 2005. Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje de Esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Heredia, CR, UNA. Correo electrónico: maluenriquez@yahoo.com

² Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional, Costa Rica. Correo electrónico: jsaenz@una.ac.cr

³ Grupo Ganadería y Manejo del Medio Ambiente, CATIE, Costa Rica. Correo electrónico: mibrahim@catie.ac.cr

INTRODUCCIÓN

En Centroamérica, el establecimiento de pasturas se ha convertido en una de las principales causas de la deforestación (Harvey et ál. 2004). Durante los últimos 40 años, el área de pasturas ha aumentado de 3,5 a 9,5 millones de hectáreas, produciendo la fragmentación y pérdida de bosques y generando paisajes con pasturas y cultivos agrícolas (Kaimowitz 2001). La transformación de bosques a pastizales ha afectado las comunidades originales de aves, modificando su composición y reduciendo sus poblaciones (Laurence y Bierregaard 1997). De igual manera, los gremios de aves son afectados diferencialmente por la fragmentación y el aislamiento de los bosques (Keyser et ál. 1998). Las aves rapaces de bosque, las insectívoras terrestres y las frugívoras grandes son más propensas a la extinción, mientras que las nectarívoras, granívoras, frugívoras pequeñas e insectívoras son más flexibles a los cambios en el paisaje (Wilson et ál. 1999).

Los sistemas silvopastoriles han resultado ser una herramienta útil para conservar la biodiversidad en fincas ganaderas, porque combinan el manejo de árboles y pasturas con la producción, y pueden cumplir diferentes funciones y proveer múltiples servicios. Por ejemplo, ayudan a incrementar la productividad mientras protegen la biodiversidad y favorecen la diversificación de la finca (Cordero y Boshier 2003). Las cercas vivas y los árboles en potreros manejados apropiadamente tienen un gran potencial para mantener la biodiversidad, porque actúan como conectores del paisaje y proveen diferentes recursos a las aves (Greenberg et ál. 1997a). Muchos estudios han demostrado que la riqueza y diversidad de aves se incrementa con aumentos en la heterogeneidad vegetal. En sistemas silvopastoriles, se encontró que la vegetación con gran complejidad estructural puede proporcionar a las aves nichos ecológicos variados y mejor protección contra depredadores que los sistemas agropecuarios simples (Pimentel et ál. 1992). Las cercas vivas, las cortinas rompevientos y los fragmentos de bosque sirven como corredores en paisajes agropecuarios, mejorando la conectividad y ayudando al movimiento de aves entre fragmentos y remanentes de bosques naturales (Beier y Noss 1998). Los árboles en potreros también proporcionan refugio, sitios de descanso, anidación y alimento a las aves; además, actúan como pasillos que facilitan el movimiento de animales a través del paisaje (Greenberg et ál. 1997a).

La matriz en la que están inmersos los relictos boscosos pueden servir como fuente de recursos (alimentación y reproducción) y así ayudar a mantener las poblaciones

de aves que aún persisten (Laurence et ál. 2002). Harris y Reed (2002) encontraron que las especies migratorias, generalistas y las que habitan en el dosel del bosque son menos inhibidas para cruzar barreras como las matrices agrícolas que las especies especialistas y de interior del bosque. La proporción de especies migratorias que usan los sistemas rurales de producción varía de una localidad a otra, pero los potreros altamente tecnificados y los monocultivos extensos (caña de azúcar) son poco compatibles con la conservación de estas especies (Sáenz y Menacho 2005). En Esparza (Costa Rica), se encontró que las cercas vivas son de gran importancia para las aves residentes y migratorias, especialmente en la época seca, cuando los árboles están en floración y atraen a muchos polinizadores que pueden servirles de alimento (Sáenz y Menacho 2005). El presente estudio estimó la riqueza, abundancia y diversidad de aves en fincas ganaderas con diferentes tamaños y porcentajes de cobertura vegetal. Además, se evaluaron las relaciones entre la comunidad de aves y las variables de vegetación a escala de usos de la tierra, finca y paisaje para conocer el aporte de estos sistemas productivos sobre la conservación y diversidad de los diferentes gremios de aves.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 12 fincas, dentro de una extensión aproximada de 432 km² distribuidos entre los cantones de Montes de Oro, Santiago y Esparza, provincia de Puntarenas, al noroeste de Costa Rica (09°59'N; 84°38'O). En el área las zonas de vida pertenecen a bosque húmedo tropical, bosque húmedo premontano y bosque deciduo (Obando 2002). El área presenta una precipitación media de 3897 mm año⁻¹ y una temperatura promedio anual de 27 °C, con un período seco entre diciembre y mayo (IMN 2004). En la región del Pacífico Central, las principales actividades agrícolas son la ganadería, el cultivo de arroz, frutales y caña de azúcar (Holman y Estrada 1997).

Las 12 fincas seleccionadas tuvieron fotografías aéreas a escala 1:40000 (1998), imágenes de satélite Quickbird (2003) y mapas elaborados con ArcSIG. Las fincas se organizaron de acuerdo con su tamaño en grandes (de 34 a 67 ha) y pequeñas (de 11 a 16 ha), y de acuerdo con el porcentaje de cobertura arbórea en alta cobertura ($\geq 70\%$ del área de la finca) y baja cobertura ($\leq 30\%$ del área de la finca). De esta forma, se seleccionaron tres fincas por cada combinación de tamaño y cobertura arbórea. Se instalaron parcelas al azar en cada tipo de uso de la tierra presente (de 11 posibles), con un promedio de ocho usos por finca. Los usos muestreados

fueron bosque secundario, bosque ribereño, frutales, tacotales, pastura sin árboles, pastura con alta densidad de árboles, pastura con baja densidad de árboles, cercas vivas, maderables, bancos forrajeros, y árboles y granos básicos, según la clasificación propuesta por Murgueitio et ál. (2003).

Muestreo de aves

El conteo de aves se realizó entre julio y diciembre del 2004 usando el método de puntos de conteo para aves (Reynolds et ál. 1980) en cada uso de la tierra. Los puntos se ubicaron en el centro de cada parcela circular con un radio de 25 m. En cada punto se realizó un conteo entre las 6:00 y 10:00 h, donde se registró la especie y el número de individuos observados, así como su estatus (residente o migratoria). La observación tuvo una duración de 10 minutos, comenzando cinco minutos después de la llegada a la parcela, para disminuir el efecto de perturbación. La identificación de las especies y su estatus se realizó con la ayuda de la *Guía de Aves de Costa Rica* (Stiles y Skutch 2003). Se realizaron cuatro visitas a cada parcela durante los meses de muestreo.

Muestreo de la vegetación

Se evaluó la estructura y composición florística en los diferentes usos de la tierra para el muestreo de aves. Se establecieron parcelas rectangulares de 50 x 20 m, ubicadas de norte a sur, tomando como centro de la parcela el punto de observación de las aves. Si se presentaba algún obstáculo tal como los límites de las fincas o formas de los fragmentos, se cambiaba la orientación hacia el sentido este-oeste. En el caso de las cercas vivas, se utilizaron parcelas de 100 x 10 m debido a la forma lineal de este sistema. Se identificaron, contaron y midieron todos los árboles presentes con diámetro a la altura del pecho (dap) mayor o igual a 10 cm en cada parcela, la altura total registrada con un Impulse Laser (Laser Technology Inc.) y el dap medido con una cinta diamétrica. Se estimó la cobertura de dosel con un densitómetro esférico convexo, tomando una lectura en cada punto de muestreo de la vegetación en la parcela (cinco puntos ubicados diagonalmente en la parcela y equidistantes), después se calculó un promedio de cobertura por parcela. Se estimó el índice del volumen de vegetación total en cada parcela (VVT) según el método de Mills et ál. (1991), el cual consiste en contar el número de veces que la vegetación toca una varilla metálica de 3 m de largo graduada cada 25 cm. El VVT se calculó como $VVT = h/10p$; donde h es la suma del número total de intersecciones de todos los puntos (5 puntos) de muestreo den-

tro de una parcela y p es el número de puntos en los cuales la vegetación fue medida.

Caracterización del paisaje

Se calculó la heterogeneidad de la finca con todos los usos de la tierra y el número de parcelas totales de cada uso empleando el índice de Shannon. Se calculó el área de la finca y su área del bosque secundario con los mapas de las fincas. Los bosques ribereños no fueron considerados ya que son muy angostos y están constituidos únicamente por una hilera de árboles a cada lado de la quebrada. Además, se establecieron tres áreas de influencia o *buffer* alrededor de las fincas (Figura 1): el primer *buffer* (B1) de 500 m, el segundo (B2) 1000 m y el tercero (B3) de 1500 m. Se midió el área del *buffer* y de los fragmentos de bosque secundarios, ribereños y plantaciones forestales dentro de cada *buffer* y con estos valores se calculó su porcentaje de cobertura boscosa mediante el programa ArcView 3.2.

Índice de vulnerabilidad de las especies de aves

Se clasificaron las aves según su dependencia del bosque (Stiles 1985) en: 1) las aves que necesitan bosque muy conservado de grandes extensiones, 2) las aves que necesitan al menos de fragmentos de bosque y 3) las aves que no necesitan bosque para su supervivencia. Las aves que están consideradas en dos de estas categorías (1 y 3 ó 2 y 3) fueron incluidas en la categoría de mayor dependencia al bosque.

Análisis de datos

Se calculó la abundancia y la riqueza de especies y el índice de diversidad de Shannon (Brower et ál. 1997) de aves y de vegetación en cada parcela de muestreo. La abundancia relativa de aves por uso de la tierra se calculó como el cociente entre la abundancia de la especie i y el número de parcelas muestreadas en cada uso de la tierra ($pi = ni/n$). La abundancia de cada parcela fue estimada como el promedio de los valores de abundancia de cada especie. Se calculó la probabilidad de observación por especie como el producto de la frecuencia de observación (no. registros/no. total de muestreos) y la proporción de sitios en donde se observó la especie (no. parcelas con registros/no. total de parcelas). Los valores de probabilidad de observación iguales a 1,0 indicaron la seguridad de observar una especie en cualquier fecha. Con base en este cálculo, las especies fueron asignadas a categorías arbitrarias de abundancia (probabilidad de observación), así: común: 1,0 – 0,6; abundante: 0,5 – 0,25; poco abundante: 0,24 – 0,10 y rara: 0,09 – 0,01.

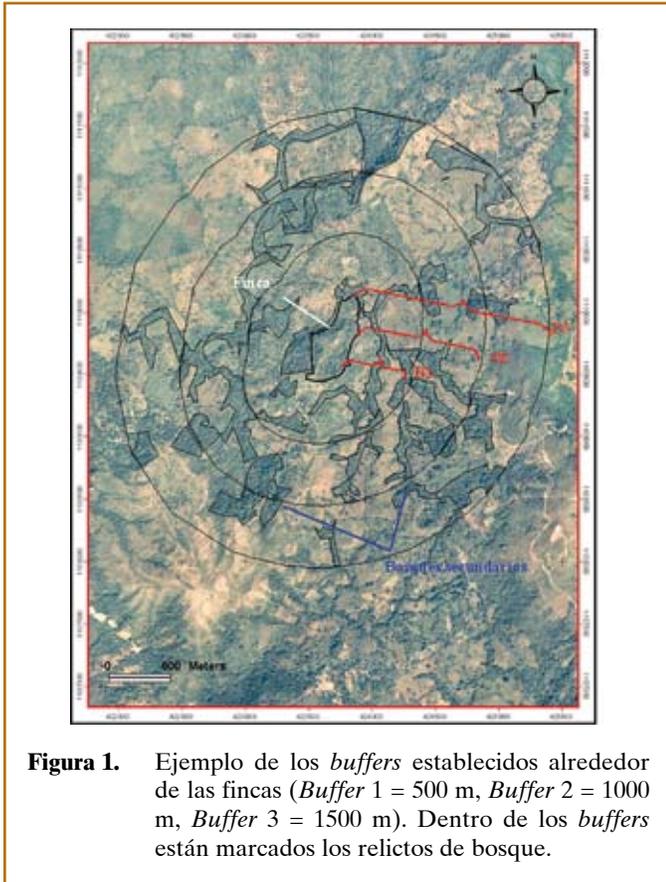


Figura 1. Ejemplo de los buffers establecidos alrededor de las fincas (*Buffer 1 = 500 m, Buffer 2 = 1000 m, Buffer 3 = 1500 m*). Dentro de los buffers están marcados los relictos de bosque.

La relación entre las características de la vegetación y la abundancia, riqueza y diversidad de las aves fue evaluada usando regresiones múltiples. Las variables de vegetación fueron las variables independientes y los valores de abundancia, riqueza y diversidad de aves fueron las dependientes. Se realizaron las regresiones a escala de finca usando las variables de paisaje: área de bosque, área e índice de heterogeneidad de las fincas y porcentaje de bosque en cada *buffer* alrededor de la finca como variables independientes. Se utilizó el método de regresión paso a paso, con selección hacia atrás, eliminando las variables regresoras con poco efecto sobre la variable dependiente. El criterio para remover una variable fue el valor de F del análisis de varianza, removiendo las variables con $F > 4$. Se verificaron los supuestos para las regresiones múltiples según Marqués de Cantú (1991).

Se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis (K-W) para comparar la riqueza y abundancia de especies arbóreas, índices de diversidad, riqueza y abundancia de aves entre fincas y entre los diferentes usos de la tierra. Se realizaron comparaciones múltiples (para datos no paramétricos) para encontrar diferencias entre usos de la tierra y se realizó un análisis de K-W para determi-

nar diferencias entre épocas de muestreo de aves. La similitud de la avifauna entre los diferentes usos de la tierra se calculó con el índice de Jaccard y usando el agrupamiento de Bray Curtis con encadenamiento simple (Brower et ál. 1997, Magurran 2004). La acumulación de especies de aves y plantas se realizó siguiendo el modelo de Clench (Clench 1979). Debido a que el orden de registro de especies puede afectar la forma de la curva, se aleatorizó el orden del muestreo usando EstimateS 7.5 (Colwell 2005). Con los resultados del S (No. de especies), se calculó la ecuación de Clench para conocer el número de especies esperadas para el paisaje. Se utilizaron los programas de Statgraphics 5.1 para análisis de K-W, ANOVA, regresiones y correlaciones y el BioDiversity Professional (McAleece 1997) para la diversidad de Shannon y similitud de Jaccard.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidad de aves

Se registraron 1901 aves de 113 especies, pertenecientes a 90 géneros y 31 familias. Las familias más abundantes fueron Tyrannidae (16 especies), Parulidae y Emberizidae (9 especies cada una; Cuadro 1), mientras que las especies más comunes fueron *Crotophaga sulcirostris*, *Melanerpes hoffmannii*, *Pitangus sulfuratus*, *Campylorhynchus rufinucha*, *Turdus grayi*, *Leptotila verreauxi*, *Aimophila ruficauda* y *Columbina passerina*. En total se registraron 19 especies migratorias, de las cuales *Dendroica petechia* e *Icterus galbula* fueron las más abundantes. Se observó una leve disminución de aves residentes en la época de migración, pero no se encontraron diferencias ($P = 0,11$). Se encontraron 22 especies poco comunes y 76 raras (67% de las especies), de las cuales 21 se observaron una sola vez (6 migratorias). El esfuerzo del muestreo fue del 90% ($p < 0,0001$) respecto a las 126 especies reportadas para dicho paisaje. Se encontraron 158 especies de 53 familias de árboles y se conoció el 72% de la vegetación, de un estimado teórico de 216 especies para el paisaje.

Al igual que en otros estudios realizados en agropaisajes (Cárdenas et ál. 2003, Lang et ál. 2003), la familia Tyrannidae fue la más abundante. La abundancia de las especies en los diferentes usos de la tierra muestra una dominancia de *Amazona albifrons* en los bosques ribereños y pastos con alta densidad de árboles. *C. sulcirostris* en los potreros con baja cobertura, *T. grayi* en los frutales y maderables, *Aratinga finschi* en los granos básicos, *Brotogeris jugularis* en cercas vivas y *Colinus leucopogon* en los potreros sin árboles (Cuadro 1). El análisis de similitud separa el bosque ribereño de

los demás usos de la tierra, ya que en estos últimos la avifauna es similar en más de un 50% (Figura 2). Además, se forman dos grupos, uno con los frutales, cercas vivas y bosque secundario y otro con los

demás usos, con excepción de la pastura sin árboles. Dentro de estos grupos se puede observar una mayor similitud entre los dos tipos de potreros arborizados (Figura 2).

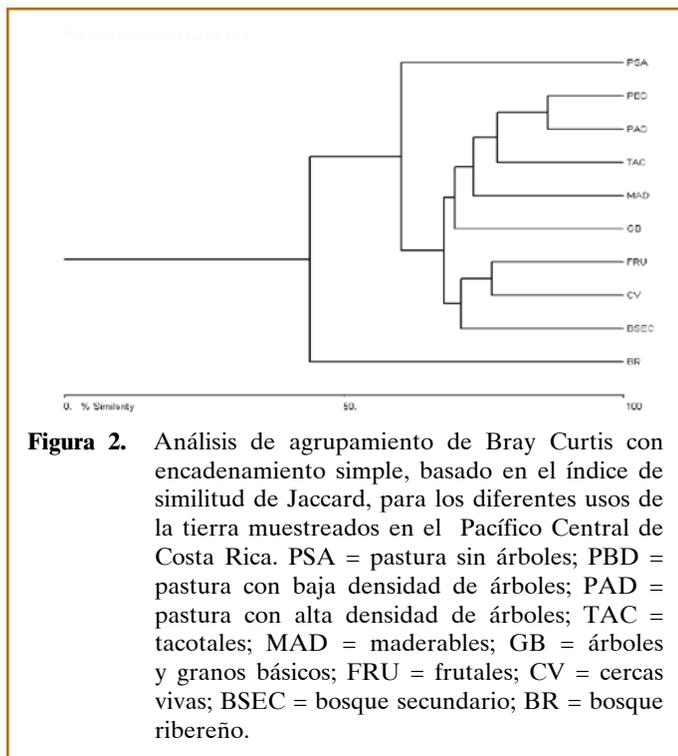
Cuadro 1. Especies dominantes (con mayor abundancia de individuos) para los diferentes usos de la tierra en el Pacífico Central de Costa Rica

| Especies | Abundancia (número de individuos) | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|------|
| | PSA | BF | GB | PBD | FRU | MAD | CV | PAD | TAC | BR | BSEC |
| <i>Aimophila ruficauda</i> | | 1 | | 41 | | | | | | 10 | |
| <i>Amazilia tzacatl</i> | | 1 | | | | | | | | | |
| <i>Amazona albifrons</i> | | | | | | | | 48 | | 22 | 10 |
| <i>Anthracothorax prevostii</i> | | | | | | | | | 3 | | |
| <i>Aratinga canicularis</i> | | | | | | | 18 | | | | |
| <i>Aratinga finschi</i> | | | 25 | | | | | | | | |
| <i>Arremonops rufivirgatus</i> | | | | | | | | | 4 | | |
| <i>Basileuterus rufifrons</i> | | | | | | 2 | | | | | |
| <i>Brotogeris jugularis</i> | | | | | | | 32 | | | | |
| <i>Campylorhynchus rufinucha</i> | | | | 19 | 16 | | 14 | 29 | | | 14 |
| <i>Chiroxiphia linearis</i> | | | | | | | | | 2 | | 11 |
| <i>Colinus leucopogon</i> | 8 | | | | | | | | | | |
| <i>Columba flavirostris</i> | | | 5 | | | | | 21 | | | |
| <i>Columbina inca</i> | 1 | 3 | 3 | 19 | | | | | | | |
| <i>Columbina passerina</i> | 1 | 2 | 3 | 30 | | | | 33 | | | |
| <i>Contopus cinereus</i> | | | 1 | | | | | | | | |
| <i>Contopus virens</i> | | | 1 | | | | | | | | |
| <i>Crotophaga sulcirostris</i> | | | | 62 | 20 | | 23 | 41 | | | |
| <i>Cyanocorax morio</i> | | 2 | | | | | | | | | |
| <i>Eumomota superciliosa</i> | | | | | | 3 | | | | | |
| <i>Glyphorhynchus spirurus</i> | | | | | | 2 | | | | | |
| <i>Guiraca caerulea</i> | | | | | | 2 | | | | | |
| <i>Icterus galbula</i> | | | | | | | | | 4 | | |
| <i>Leptotila verreauxi</i> | | 2 | | | 20 | 8 | | | | 11 | |
| <i>Melanerpes hoffmanni</i> | | | | | 17 | | | 26 | 3 | 15 | 11 |
| <i>Pitangus sulfuratus</i> | | | | 24 | 15 | | 13 | | | | 12 |
| <i>Thryothorus pleurostictus</i> | | | | | | | | | 3 | | |
| <i>Turdus grayi</i> | | | | | 33 | 10 | | | | 12 | 24 |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> | 1 | | | | | | 12 | | | | |
| <i>Volatinia jacarina</i> | 4 | | | | | | | | | | |
| <i>Zenaida asiatica</i> | | | | | | | | | | 13 | |

Notas: PSA = pastura sin árboles; BF = bancos forrajeros; GB = árboles y granos básicos; PBD = pastura con baja densidad de árboles; FRU = frutales; MAD = maderables; CV = cercas vivas; PAD = pastura con alta densidad de árboles; TAC = tacotales; BR = bosque ribereño; BSEC = bosque secundario.

Relación aves-vegetación-finca-paisaje

Los bosques en diferente estado de sucesión (bosques secundarios, ribereños y tacotales) y las plantacio-



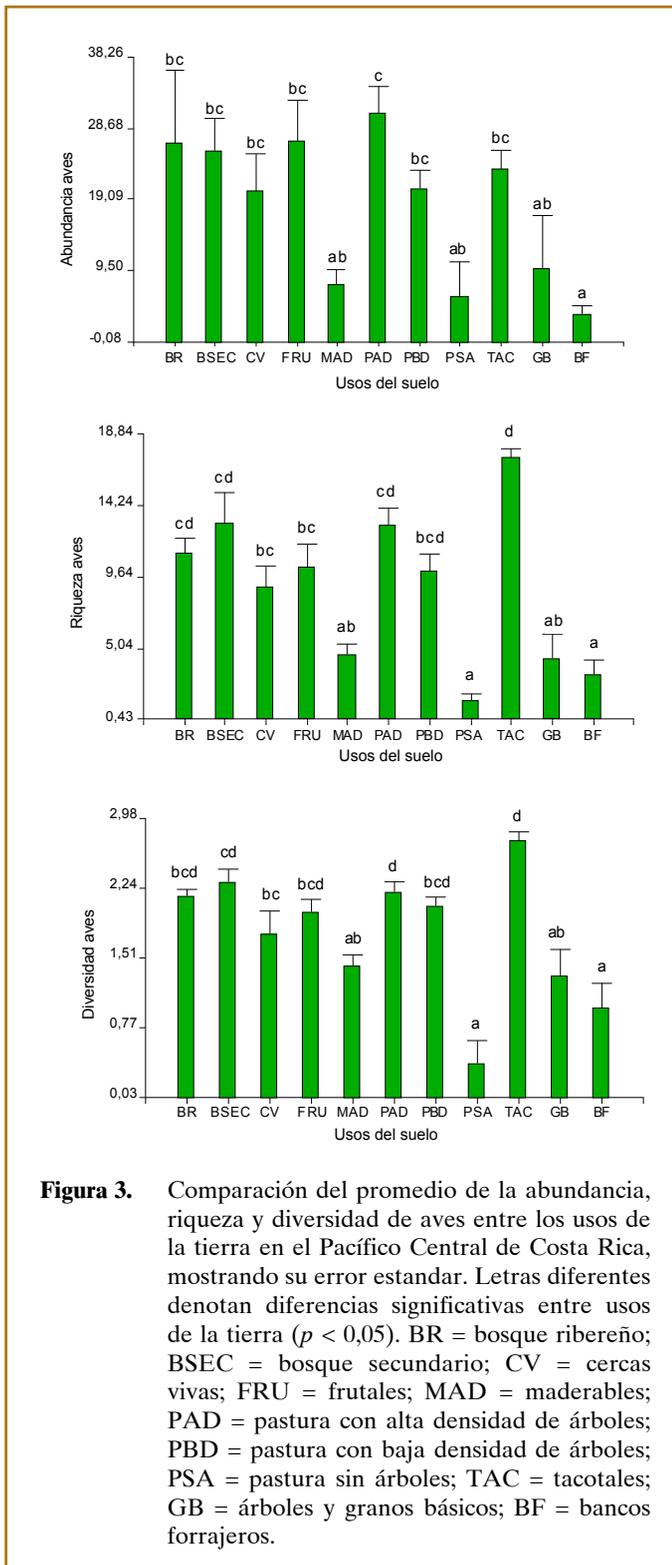
nes de maderables presentaron la mayor cobertura de árboles, seguidos por los sistemas silvopastoriles (pasturas con árboles) y las pasturas en monocultivo (Cuadro 2). La mayor diversidad de especies vegetales se encontró en los bosques ribereños, tacotales y bosques secundarios, contrastando con la menor diversidad en pasturas de baja densidad de árboles, plantaciones maderables, bancos forrajeros y granos básicos (Shannon 2,6; 2,2; 2,1; 0,4; 0,4; 0 y 0, respectivamente; Cuadro 2).

La diversidad vegetal explicó en diferente grado la abundancia ($R^2 = 0,49$; $p = 0,016$), diversidad ($R^2 = 0,62$; $p = 0,004$) y riqueza de aves ($R^2 = 0,65$; $p = 0,003$). Existieron diferencias estadísticas en la abundancia de aves ($p = 0,0001$) entre los bancos forrajeros y las pasturas con alta densidad de árboles. Además, la diversidad fue significativamente diferente ($p < 0,0001$) entre estas últimas, el bosque secundario y los tacotales con los usos de baja cobertura arbórea y los maderables. La riqueza de aves fue diferente entre las pasturas sin árboles, los bancos forrajeros y los usos con alta cobertura arbórea ($p < 0,0001$; Figura 3). La diversidad, riqueza y abundancia de aves no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tamaños de fincas ni entre las coberturas arbóreas de estas.

Cuadro 2. Características de vegetación de los diferentes usos de la tierra en el Pacífico Central de Costa Rica

| Usos de la tierra | Cobertura dosel (%) | dap promedio (cm) | Volumen de vegetación total | Altura árboles (m) | Riqueza | Abundancia | Diversidad (Shannon) |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------|------------|----------------------|
| Bosque secundario | 91,2 | 14,7 | 0,29 | 11,0 | 16,9 | 62,6 | 2,1 |
| Bosque ribereño | 92,5 | 23,5 | 0,27 | 15,7 | 18,1 | 40,4 | 2,6 |
| Frutales | 66,1 | 18,6 | 0,29 | 9,8 | 8,0 | 26,9 | 1,5 |
| Tacotales | 94,9 | 12,9 | 0,25 | 21,0 | 12,5 | 35,0 | 2,2 |
| Pastura con alta densidad de árboles | 33,2 | 19,3 | 0,37 | 10,1 | 3,7 | 12,8 | 0,8 |
| Cercas vivas | 74,7 | 17,5 | 0,31 | 9,5 | 8,2 | 104,8 | 1,2 |
| Pastura con baja densidad de árboles | 12,8 | 27,1 | 0,49 | 10,2 | 1,9 | 3,7 | 0,4 |
| Maderables | 90,9 | 18,3 | 0,17 | 13,9 | 3,6 | 55,6 | 0,4 |
| Bancos forrajeros | 30,3 | 0 | 0,53 | 1,0 | 0 | 0 | 0 |
| Árboles y granos básicos | 65,9 | 0 | 0,51 | 0 | 1 | 1,0 | 0 |
| Pastura sin árboles | 0 | 0 | 0,52 | 0 | 0 | 0 | 0 |

El área de bosque y la heterogeneidad de usos de la finca explican en gran parte la diversidad de aves ($R^2 = 0,69$; $p = 0,0046$). Igualmente, el área de bosque de la finca explica la riqueza de aves ($R^2 = 0,46$ $p = 0,0124$).



No se encontró relación significativa entre el porcentaje de bosque de los tres *buffer* y la riqueza, diversidad y abundancia de aves ($p > 0,05$). La presencia y distribución de las aves es afectada por la diversidad vegetal de los usos de la tierra y la presencia de los bosques, donde las fincas con mayor cobertura arbórea tienen mayor cantidad y diversidad de aves. Por otra parte, las cercas vivas y las pasturas con alta cobertura de árboles permiten una mayor conectividad entre los remanentes boscosos y otros usos de la tierra, ayudando al mantenimiento y conservación de aves al disminuir los efectos negativos de la fragmentación del hábitat (Cárdenas et ál. 2003, Lang et ál. 2003). Las aves prefieren salir del bosque hacia los potreros con alta densidad de árboles, evitando los bordes de bosque muy abruptos y las matrices abiertas por el riesgo de depredación y competencia, además de los efectos urbanos como el ruido y depredadores domésticos (McDonnell et ál. 1997). Se encontró un incremento de la diversidad de aves con aumentos de la heterogeneidad de la finca, lo cual concuerda con lo encontrado por Greenberg et ál. (1997 a,b) y Anjos et ál. (1997). Es crucial propiciar una mayor heterogeneidad de los usos de la tierra de las fincas, ya que la mayoría de las especies de aves no están restringidas a uno solo de éstos (Anjos et ál. 1997). Además, el tamaño de los bosques es importante en la conservación de las aves, porque a medida que aumenta su tamaño, aumenta su complejidad y pueden brindar más variedad de recursos que los encontrados en área abiertas (Anjos et ál. 1997).

Vulnerabilidad de las especies

Las aves que necesitan grandes extensiones de bosque sólo fueron observadas en el bosque secundario, ribereño y tacotales, mientras que las aves que necesitan fragmentos de bosque fueron observadas tanto en áreas boscosas como abiertas (Figura 4). Por otra parte, las aves que no necesitan áreas boscosas fueron más versátiles, pues estuvieron presentes en todos los sistemas, aunque en baja proporción en los tacotales. A escala de finca, se encontró una relación entre el área de bosque de la finca y el número de especies de aves dependientes de fragmentos de bosque ($R^2 = 0,57$; $p = 0,0045$). Sin embargo, a escala de paisaje no se encontraron relaciones entre las aves dependientes de bosque y el porcentaje de áreas boscosas presente en los tres *buffer* ($p > 0,05$). En su gran mayoría, las aves están aprovechando los recursos disponibles en áreas abiertas y en áreas boscosas. Encontrar especies de aves dependientes de fragmentos de bosque en áreas abiertas puede ser debido a que éstas se han adaptado a los cambios del paisaje, utilizando los

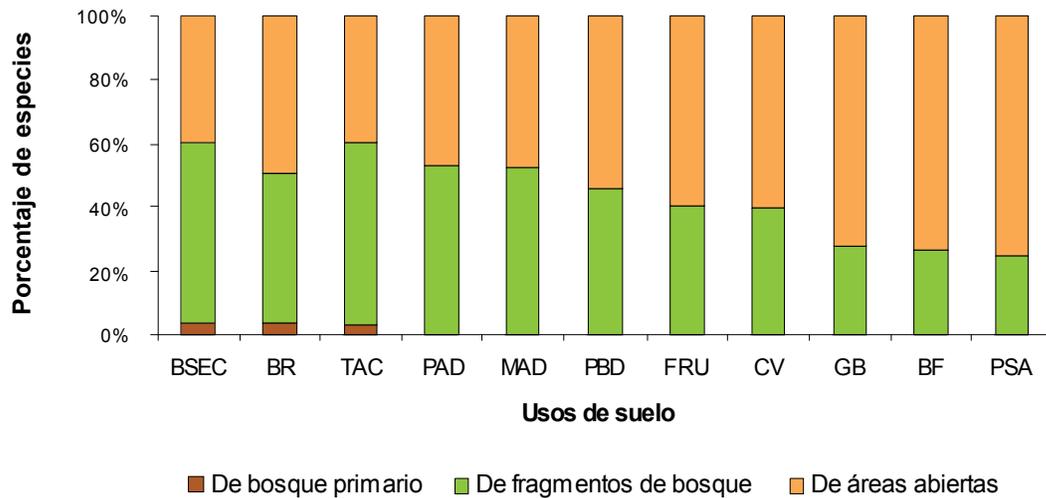


Figura 4. Porcentaje de especies presentes en usos de la tierra según su categoría de dependencia para la supervivencia. De bosque primario = especies que dependen del bosque primario; De fragmentos de bosque = especies que dependen de fragmentos de bosque; De áreas abiertas = especies propias de áreas abiertas que no necesitan del bosque. BSEC = bosque secundario; BR = bosque ribereño; TAC = tacotales; PAD = pastura con alta densidad de árboles; MAD = maderables; PBD = pastura con baja densidad de árboles; FRU = frutales; CV = cercas vivas; GB = árboles y granos básicos; BF = bancos forrajeros; PSA = pastura sin árboles.

recursos disponibles. Hay que considerar que, aunque las aves utilicen áreas abiertas, necesitan los recursos que les brinda el bosque. Esto ocurre con la especie *Turdus asimilis*, la cual ha sido observada en diferentes zonas agrícolas, pero se conoce que depende del bosque en algunas etapas de su vida, y no podría sobrevivir en ausencia de éste (Lindell et ál. 2004).

La presencia de aves dependientes de fragmentos de bosque estuvo directamente relacionada con el tamaño de los bosques de las fincas ($R^2 = 0,43\%$; $p < 0,05$), evidenciando que el área y la estructura de bosque en las fincas influyen en la riqueza y diversidad de las aves. Esto concuerda con otros estudios realizados por Van Dorp y Opdam (1987), Andrén (1994) y McGarigal y McComb (1995). La estructura del paisaje puede cambiar la composición de las comunidades de aves a escala regional o temporal (Guillemette y Walter 2001); por lo tanto, las fincas heterogéneas con fragmentos boscosos tendrán efectos positivos sobre la avifauna y por ende sobre la biodiversidad local.

CONCLUSIONES

Los fragmentos de bosque y los sistemas silvopastoriles (cercas vivas y árboles en potreros) desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de las poblaciones de aves dependientes de bosque, las cuales son generalmente especies prioritarias para la conservación

de la biodiversidad. Las aves que utilizan los paisajes agropecuarios prefieren la heterogeneidad de usos de la tierra; por lo tanto, es importante considerar este aspecto en el diseño de fincas con objetivos de conservación de dichas aves. Por otra parte, se debe buscar lograr una mayor conectividad entre los fragmentos boscosos que persisten en la región, pues estos constituyen uno de los hábitats más importantes para las aves con algún tipo de vulnerabilidad. Los sistemas silvopastoriles surgen como una herramienta útil de conservación de aves en fincas, ya que además de favorecer las actividades económicas del productor proporcionan recursos y hábitat a estos animales.



Tucán (*Ramphastos sulfurato*) en el paisaje agropecuario del Pacífico central de Costa Rica (fotos: ML Enríquez)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71: 355-366.
- Anjos, L; Schuchmann, K; Berndt, R. 1997. Avifaunal composition, species richness, and status in the Tibagi river basin, Paraná state, Southern Brazil. *Ornitología Neotropical* 8: 145-173.
- Beier, P; Noss, RF. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12(6): 1241-1252.
- Brower, J; Zar, J; Von Ende, C. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. Iowa, US, WC Brown Publishers. 232 p.
- Cárdenas, G; Harvey, C; Ibrahim, M; Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 78-85.
- Clench, H. 1979. How to make regional lists of Butterflies: Some thoughts. *Journal of the Lepidopterists Society* 33(4):216-231.
- Colwell, RK. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application (en línea). Disponible en <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Cordero, J; Boshier, DH. (eds.), 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas, [CD-ROM] OFI (Oxford Forestry Institute). Turrialba, CR, CATIE. 1079 p.
- Greenberg, R; Bichier, P; Cruz Angon, A; Reitsma, R. 1997a. Bird populations in shade and sun Coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology* 11(2): 448-459.
- _____; Bichier, P; Sterling, J. 1997b. Acacia cattle and migratory birds in southeastern Mexico. *Biological Conservation* 80: 235-247.
- Guillemette, TW; Walter, H. 2001. Distribution of bird species richness at a regional scale in tropical dry forest of Central America. *Journal of Biogeography* 28:651-662
- Harris, RJ; Reed, JM. 2002. Behavioral barriers to non-migratory movements of birds. *Annales Zoologici Fennici* 39:275-290.
- Harvey, CA; Alpizar, F; Chacón, M; Madrigal, R. 2004. Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: historical overview and future perspectives. Report San José, CR, The Nature Conservancy. 162 p.
- Holman, F; Estrada, RD. 1997. Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costa Rica: un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. In Lascano, C; Holmann, F. eds. *Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Cali, CO, CIAT/Consorcio Tropicoleche. p. 134-152.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2004. Datos climatológicos de Puntarenas (en línea). San José, CR. Consultado 12 ago. 2004. Disponible en <http://www.imn.ac.cr/IMN/>.
- Kaimowitz, D. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's tropical forest? In Angelsen, A; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural technologies and tropical deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p. 1-20.
- Keyser, AJ; Hill, GE; Soehren, EC. 1998. Effects of forest fragment size, nest density and proximity to edge on the risk of predation to ground-nesting passerine birds. *Conservation Biology* 16(5): 986-994.
- Lang, I; Gormley, LHL; Harvey, CA; Sinclair, FL. 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40):86-92.
- Laurence, WF; Bierregaard, RO. 1997. Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. Estados Unidos, The University of Chicago Press. 616 p.
- Laurence, WF; Lovejoy, TE; Vasconcelos, HL; Bruna, EM; Didham, RK; Stouffer, PC; Gascon, C; Bierregaard, RO; Laurance, SG; Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16(3): 605-618.
- Lindell, CA; Chomentowski, WH; Zook, JR. 2004. Characteristics of bird species using forest and agricultural covers in southern Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 13:2419-2441.
- Marqués de Cantú, MJ. 1991. Probabilidad y estadística para ciencias Químico-Biológicas. Distrito Federal, MX, McGraw-Hill. 657 p.
- Magurran, AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Malden, US, Blackwell Science. 253 p.
- McAleece, N. 1997. *Biodiversity Pro Version 2.0*. The Natural History Museum and Scottish Association for Marine Science (en línea). Reino Unido. Consultado 10 jun. 2005. Disponible en <http://www.nrmc.demon.co.uk/bdpro>.
- McDonnell, MJ; Pickett, STA; Groffman, P; Bohlen, P; Pouyat, RV; Zippered, WC; Parmelee, RW; Carreiro, MM; Medley, K. 1997. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosystems* 1: 21-36.
- McGarigal, K; McComb, WC. 1995. Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range. *Ecological Monographs* 65:235-260.
- Mills, GS; Dunning, JB. Jr; Bates, JM. 1991. The relationship between breeding bird density and vegetation volume. *Wilson Bulletin* 103(3): 468-479.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, CE; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas: Guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. 2 ed. Medellín, CO, Fundación CIPAV, CATIE, UCA-NITLAPAN. 97 p.
- Obando, V. 2002. *Biodiversidad en Costa Rica – Estado del conocimiento y gestión*. Santo Domingo de Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 250 p.
- Pimentel, D; Stachow, U; Takacs, DA; Brubaker, HW; Dumas, AR; Meaney, JJ; O'Neil, JAS; Onsi, DE; Corzilius, DB. 1992. *Conserving Biological Diversity in Agricultural/Forestry Systems*. *BioScience* 42(5): 354-362.
- Reynolds, RT; Scott, JM; Nussbaum, RA. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82: 309-313.
- Sáenz, J; Menacho, RM. 2005. Riqueza y abundancia de las aves migratorias en paisajes agropecuarios de Esparza, Costa Rica. *Zeledonia* (9)1:10-21.
- Stiles, FG. 1985. Conservation of forest birds in Costa Rica: problems and perspectives. In Diamond, AW; Lovejoy, TE. eds. *Conservation of Tropical Forest Birds*. International Council for Bird Preservation. p. 141-168.
- Stiles, G; Skutch, A. 2003. *Guía de aves de Costa Rica*. Trad. L. Roselli. 3 ed. Sto. Domingo de Heredia, CR, INBio. 680 p.
- Van Dorp, D; Opdam, PFM. 1987. Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities. *Landscape Ecology* 1:59-73.
- Wilson, JD; Morris, AJ; Arroyo, BE; Clark, SC; Bradbury, RB; 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in Northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75: 13-30.