



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Diciembre, 1999. Vol 17(2): 70-81.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.17-1.12>

URL: [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)

EMAIL: [revista.ambientales@una.cr](mailto:revista.ambientales@una.cr)

Jorge González

# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Diversidad y abundancia de aves en cafetales con y sin sombra

Diversity and abundance of birds in coffee plantations with and without shade

*Jorge González*



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

# DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE AVES EN CAFETALES CON Y SIN SOMBRA

Se determinó la diversidad y abundancia de aves, durante el período agosto 1996 - mayo 1997, en cafetales con sombra de *Erithrina* sp., *Eucalyptus* sp. y *Musa* sp. o su mezcla, en la provincia de Heredia, Costa Rica. Las plantaciones sin sombra y las que poseían cercas vivas también se incluyeron en el estudio. Se detectó un total de 84 especies de aves, siendo 29 de ellas migratorias. Los plantíos con sombra de origen mixto mostraron la mayor diversidad, seguidos por los cafetales con sombra de una sola especie de árbol. La menor diversidad correspondió a los cafetales sin sombra y a los que tenían banano como fuente de sombra. La especie de árbol preferida por las aves fue *Inga* sp. El estudio confirma que las aves halladas desarrollaron tolerancia a los hábitats alterados, como el representado por los cafetales.

*The abundance and diversity of bird species was analyzed, during the period August 1996 - May 1997, in coffee plantations with shade, provided by Erithrina sp., Eucalyptus sp. and Musa sp. or a mixture of them, in the province of Heredia, Costa Rica. Plantations without shade, and plantations with live fences were also included in the study. A total of 84 species were found in the plantations, 29 of them being migratory. The plantations with shade provided by a combination of tree species contained the highest diversity of all, followed by the plantations with a single tree species as the source of shade. The lowest diversity was observed in plantations having only Musa sp. and those without shade. Inga sp. was the one preferred by birds. The study confirms that the birds found developed tolerance to perturbed habitats as the one represented by coffee plantations.*

Por **Jorge González**

El autor es especialista en manejo de vida silvestre de la Universidad Nacional

## Introducción

Debido a la alta tasa de conversión de los bosques neotropicales en hábitats abiertos dominados por herbáceas (matorrales y potreros), ha aumentado la preocupación acerca de los impactos potencialmente negativos de esta práctica sobre las aves migratorias neotropicales y las residentes (Stiles, 1990; Robbins *et al.*, 1992). Las áreas utilizadas en América Central para el cultivo del café (*Coffea arabica*) estuvieron formadas en su inicio por bosques naturales densos y ecosistemas diversos. Costa Rica estuvo originalmente cubierta en un 99,8% de vegetación natural, la cual era vista como uno de los obstáculos principales para el desarrollo de la agricultura durante el siglo pasado (Segura y Reynolds, 1993).

Existen cerca de 420 especies de aves migratorias neárticas que invernan en el Neotrópico (Stotz *et al.*, 1996), de las cuales se han registrado alrededor de 195 especies en Costa Rica (Rappole *et al.*, 1993). Estudios realizados en los últimos años revelan que algunas poblaciones de aves migratorias -del este de Estados Unidos- y residentes neotropicales están declinando desde hace dos décadas por muchas y complicadas razones, diferentes para cada especie: desde la predación por gatos domésticos y ferales, hasta el hospedaje de parásitos y pesticidas. Sin embargo, la fragmentación y pérdida de los hábitats en el Neotrópico es una de las más importantes (Terborgh, 1989; Askins *et al.*, 1990; Robbins *et al.*, 1992; Sauer y Droege, 1992; Greenberg, 1993; Schelhas y Greenberg, 1993; Rappole *et al.*, 1993; Wunderle y Waide, 1993; Vannini, 1994; Wille, 1994; Perfecto *et al.*, 1996). Hay tres factores dentro de la fragmentación y la pérdida del hábitat que han contribuido a las extinciones locales: el desplazamiento o extracción selectiva de las plantas de floración nativa, el uso descontrolado de agroquímicos y la remoción de la tierra (Wille, 1994, 1995).

Varias especies de aves migratorias y residentes han logrado tolerar hábitats perturbados -antropogénicamente- de diferentes tipos (Rappole *et al.*, 1993; Schelhas y Greenberg, 1993; Wille, 1994; Wunderle y Latta, 1996).

Uno de ellos, que puede contener una alta diversidad y densidad de aves migratorias y residentes, lo constituye las plantaciones de café con sombra (Petit *et al.*, 1993; Schelhas y Greenberg, 1993; Wille, 1994; Defensores de la Naturaleza, 1995; Rice y Ward, 1997; Wunderle y Latta, 1998; Calvo y Blake, 1998; González 1999a). En general, las plantaciones tradicionales de café presentan una alta diversidad de plantas en combinación con diferentes especies de árboles -especialmente leguminosas- que dan refugio a muchas poblaciones de animales, especialmente aves, insectos, artrópodos del suelo y pequeños mamíferos. Esto representa una riqueza biológica importante, constituyendo a la vez agroecosistemas estructuralmente complejos (Segura y Reynolds, 1993; Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Rice y Ward, 1997).

Algunos estudios sobre la interacción entre aves y hábitat proponen que la complejidad de la estructura vegetativa se relaciona de manera positiva con la diversidad de aquéllas. (MacArthur y MacArthur, 1961; Schelhas y Greenberg, 1993; Wille, 1994, 1995). Y si bien las plantaciones de café con sombra no ofrecen la variedad de estratos presentes en los bosques naturales, sí ofrecen una estructura vegetativa más compleja que la mayoría de los cultivos y monocultivos (Keast *et al.*, 1980; Wille, 1994; Greenberg *et al.*, 1996; Perfecto *et al.*, 1996; Calvo y Blake, 1998). En Costa Rica, el cultivo del café durante los últimos 130 años se realizó bajo condiciones de sombra. Las plantaciones estaban fuertemente sombreadas por árboles de leguminosas (como *Inga* sp, *Erythrina* sp, etcétera) y algunos representantes de otras familias (como *Musaceae*, *Myrtaceae* y *Lauraceae*), de las cuales se extrae productos secundarios. Después de 1975 decreció el uso de los árboles de sombra al producirse nuevas variedades del café arábigo como la *caterra* y el *catua*. Este cambio a café sin sombra incrementó de manera considerable la producción, ya que se aumentó la densidad de plantas de café por hectárea en forma de hileras ordenadas, pero elevó sustancialmente los costos por hectárea de café. Además, esto ha generado muchos problemas ambientales (Stiles, 1990; Hilje *et al.*, 1995; Wunderle y Latta, 1996).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Heredia (III zona de producción cafetalera), Costa Rica, durante las épocas lluviosa (Ll) (de agosto a diciembre) de 1996 y seca (Se) (de enero a mayo) de 1997, las cuales coinciden con la migración: otoño y primavera del Neártico, respectivamente. Los sitios de muestreo fueron cafetales separados por cortas distancias ( $\approx 2$  km.). Dicha zona de producción comprende la parte noroeste del Valle Central, los cantones: Heredia (central), Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael, Flores y San Isidro; los cafetales del estudio se localizaron dentro de  $10^{\circ} 00' 39''$  N -  $84^{\circ} 07' 24''$  O y  $10^{\circ} 04' 10''$  N -  $84^{\circ} 08' 27''$  O. Esta zona se encuentra a una altitud entre los 1.000 - 1.400 msnm, presenta promedios anuales de temperatura de  $19,0^{\circ}\text{C}$  -  $21,5^{\circ}\text{C}$ ; brillo solar entre 43% - 54% (1.970 - 2.150 horas); humedad relativa entre 81,0% - 84,0% y precipitación entre los 2.000 - 3.000 mm. (Alvarado y Rojas, 1994).

Se seleccionó cinco tipos de cafetales (fincas de café):

1) Con sombra mezclada (CSM), que contenía como mínimo 25 especies arbóreas. El tamaño de la finca fue de 5 ha., con un número promedio de 50 árboles y arbustos de sombra/ha. (distribuidos al azar). Presentó tres estratos de vegetación bien definidos: (a) el primero, el dosel, con árboles (varias especies)  $\geq 15$  m. de altura (algunos presentaron epifitas en sus copas); (b) el segundo, el subdosel, con árboles (varias especies) y arbustos de 5 a 9 m., y (c) el tercero compuesto por las plantas del café y las herbáceas hasta 2 m. de altura.

2) Con sombra de *Erythrina* sp (porró) (CSP), de 3 ha., con un promedio de 40 árboles/ha. (distribuidos en filas a distancias aproximadas de  $5 \times 5$  m., árboles con 5 años de edad) y presentó dos estratos definidos: (a) el primero con árboles de hasta 8 m. (monoespecífico) y (b) el segundo compuesto por las plantas de café y las herbáceas.

3) Con sombra de *Eucalyptus* sp (eucalipto) (CSE), de 25 ha., con un promedio de 40 árboles/ha. distribuidos en filas a distancias aproximadas de  $7 \times 5$  m. (árboles de 6 años de edad aproximadamente) y presentó dos es-

tratos definidos: (a) el primero con árboles de hasta 10 m. (monoespecífico) y (b) el segundo compuesto por las plantas de café y las herbáceas hasta 2 m. de altura.

4) Con sombra de *Musa* sp (banano) (CSB), de 3 ha. y con un promedio de 60 arbustos de banano/ha. (distribuidos al azar) y presentó dos estratos definidos: (a) el primero con arbustos de banano de 3 a 4 m. (monoespecífico) y (b) el segundo compuesto por las plantas de café y las herbáceas de hasta 2 m.

5) Sin sombra (CSS), de 10 ha. de tamaño, compuesto únicamente por el estrato de las plantas de café y herbáceas de hasta 2 m.

Todos los cafetales seleccionados incluyeron cercas vivas bordeando el cafetal o dentro del mismo y, además, cumplieron con los requisitos de: (a) estar separados entre sí por distancias menores a 2 km. (excepto el cafetal 3, aproximadamente a 4 km. de los demás); (b) presentar distancias similares respecto de parches de bosque cercanos (con excepción del cafetal 3, que estuvo 2 km. más cerca del Parque Nacional Braulio Carrillo), y (c) poseer características similares de clima, geografía, precipitación, temperatura y altitud. Estos requisitos se establecieron para que el factor sombra fuera el determinante de la variabilidad en las mediciones.

En cuanto al cafetal 2 (CSP), la colecta de datos para la época lluviosa se realizó en el cafetal propiedad de la compañía Café Britt, pero por problemas administrativos hubo que tomar los datos de campo correspondientes a la época seca en otro cafetal ubicado en San Pedro de Barva de Heredia, el cual cumplió con los requerimientos mencionados anteriormente, ubicado un 1 km. más cerca del resto de las fincas que la primera.

#### Captura de aves

En cada cafetal, a una distancia no menor de 50 m. del borde -para disminuir el efecto de borde (Patton, 1997)-, se ubicó un transecto circular de 500 a 600 metros de circunferencia en el que se colocó las redes. Se dividió el transecto en ocho intervalos de 50 m. como mínimo. Con esta separación se asegura la independencia entre redes (Buckland *et al.*, 1993; Wallace *et al.*, 1996). En cada intervalo se colocó una

red de niebla de 12 m. x 2,5 m., 36 m./m. (Kricher y Davis, 1992) a una altura de 40 cm. del suelo. Cada red tuvo una orientación inicial diferente en relación con las otras en cada cafetal, la cual se mantuvo durante todo el trabajo de campo. Además, se utilizó sólo la primera captura de cada individuo para el análisis respectivo -esto para que cada red funcione como una réplica independiente, es decir, para asegurar la independencia de capturas de cada red (Sisk y Zook, 1996)-.

Las redes permanecieron abiertas durante 6 horas: entre las 6.00 hr. y las 12.00 hr.; es decir, 48 horas/red/día (Ralph *et al.*, 1993). Se revisó las redes durante intervalos de 30 minutos. Se identificó las aves capturadas utilizando guías de campo (Stiles y Skutch, 1995; Robbins *et al.*, 1996). Se anilló y registró las capturas de todos los individuos con la toma de los datos morfológicos según Ralph *et al.* (1993). Para la identificación de las especies de grupos difíciles: *Contopus* sp, *Empidonax* sp y *Oporornis* sp, se usó la guía de Pyle *et al.* (1987).

#### Búsquedas intensivas

En cada uno de los cafetales se estableció tres parcelas cuadradas adyacentes de 50 m. x 50 m., en las que se realizó búsquedas intensivas de aves, porque muchas especies ocurren primeramente en el dosel (Parker III, 1994). Se efectuó las búsquedas aprovechando el tiempo disponible durante los primeros recorridos de las redes de 6.30 hr. a 10.00 hr. y luego de la toma de datos morfológicos de las aves; la duración promedio de búsqueda fue de 30 minutos para cada parcela (Ralph *et al.*, 1993). Además de identificar las aves en dichas parcelas, se registró los árboles y las cercas vivas presentes que se observó eran utilizadas por las aves en actividades de alimentación, canto y percheo. Se llevó a cabo búsquedas de nidos en los árboles, plantas de café y cercas vivas localizados en las tres parcelas establecidas (para las búsquedas intensivas) entre 10.30 hr. y 12.00 hr., después de haber realizado las búsquedas de aves (Ralph *et al.*, 1993). Cada cafetal fue muestreado en total 14 veces, siete durante la época lluviosa y siete en la seca, para 672 hora/red totales.

Se calculó la abundancia relativa como el número de individuos capturados

de una especie, dividido por el total de individuos capturados de todas las especies por cafetal. Como *especie con muchos individuos* se conceptuó aquella que sobrepasó el 5% en abundancia relativa, porcentaje que ha sido utilizado para realizar comparaciones espaciales y temporales (Blake *et al.*, 1990).

Se estimó la riqueza de aves (S) como el número total de especies encontradas en cada cafetal (Karr, 1980; Rangel *et al.*, 1993). Puesto que las muestras fueron obtenidas al azar, se calculó un índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) para las capturas de aves por red para cada época y mes, así como a través de todo el período de muestreo en cada cafetal. Para las búsquedas intensivas se calculó el  $H'$  por parcela para cada época, mes y durante todo el período de muestreo para cada cafetal. Se estimó los índices de  $H'$  para la avifauna migratoria, residente, total (aves migratorias y residentes durante las dos épocas) y general (avifauna total durante todo el período de estudio) por cada cafetal para ambos métodos (redes y búsquedas intensivas) (Brower *et al.*, 1990).

Las variables y la simbología utilizados en los cálculos de diversidad ( $H'$ ) y riqueza (S) de aves por cafetal, época, mes y para el uso de árboles y cercas vivas se detallan en el recuadro de la página 73.

#### Análisis estadístico

Se puso a prueba la independencia, normalidad y homogeneidad de varianzas de las observaciones de las variables por medio de las pruebas de aleatoriedad (Randomness) Kolmogorov - Smirnov, Shapiro - Wilks y Bartlett (Sokal y Rohlf, 1995). Se utilizó análisis de varianza de dos vías para comparar cada una de las siguientes variables: -  $H'_{CM}$ , -  $H'_{CR}$  y -  $H'_{CT}$ , entre cafetales y entre épocas (lluviosa y seca). Igualmente, para las variables -  $H'_{BIM}$ , -  $H'_{BIR}$  y -  $H'_{BIT}$  entre cafetales y épocas. También, se ejecutó análisis de varianza de dos vías para comparar las variables -  $H'_{CTMes}$  y -  $H'_{BITMes}$  entre los meses de ambas épocas y cafetales. De igual forma para la variable -  $H'_{CTEstSe}$ , sólo entre los meses de la época seca y entre cafetales. Asimismo, se usó análisis de varianza de dos vías para comparar la variable -  $H'_{ÁRBOL}$  entre las dos épocas y entre especies arbóreas.

Se realizó análisis de varianza de dos vías para comparar  $S_{Caf/EstC-BI}$  (entre cafetales y épocas). Se aplicó análisis de varianza de dos vías para comparar el número de individuos totales, migratorios y residentes entre cafetales y épocas. Se utilizó análisis de varianza de una vía para comparar el número medio de individuos capturados en los cafetales entre las dos épocas. Todos los análisis de varianza significativos fueron hechos con la prueba *a posteriori* de Duncan (Walpole, 1974; Zar, 1984; Sokal y Rohlf, 1979).

Se elaboró regresiones lineales para determinar la relación entre la  $H'_{CT-Mes}$  entre los meses de ambas épocas (Li, 1996 - S, 1977) y, también, sólo para la época seca  $H'_{CTEstSe}$ . Además, se realizó una regresión lineal para determinar la relación entre  $S_{Caf/EstC-BI}$  (riqueza de aves por época) entre los cafetales.

Se estimó diferencias estadísticas en las proporciones de riqueza de aves entre cafetales para:  $S_C$ ,  $S_{MC-BI}$ ,  $S_{RC-BI}$  y  $S_{CV}$  a través de una prueba de bondad de ajuste  $X^2$  (heterogeneidad significativa). También, se evaluó diferencias en las proporciones de riqueza de aves entre los árboles de sombra utilizados a través de una prueba de bondad de ajuste  $G$  de heterogeneidad (Sokal y Rohlf, 1995). De igual forma, se estimó diferencias en las proporciones de individuos totales, migratorios y residentes capturados entre cafetales durante todo el período de estudio, por medio de la prueba de bondad de ajuste  $X^2$ . Asimismo, se evaluó diferencias en las proporciones de nidos encontrados entre los cafetales (incluyendo las cercas vivas y sin éstas) utilizando la prueba de bondad de ajuste  $G$  de heterogeneidad (Sokal y Rohlf, 1995).

Se utilizó los programas: Statgraphics (vers. 4.0 y 1.0 plus para Windows) (Statistical Graphics Corp, 1994), BIOM (Rohlf, 1985). Cuando se menciona valores promedios éstos van seguidos de  $\pm$  la desviación estándar.

## Resultados

### Riqueza de especies capturadas y abundancia relativa en general

A través de un esfuerzo de 3.360 horas/red se capturó 824 (sin incluir las recapturas) individuos, compuestos

## A. Riqueza de especies de aves en los cafetales

- Método de captura con redes de niebla
  - S capturada (redes) por cafetales:  $S_C$
- Métodos de búsquedas intensivas (observada) y redes de niebla unidos
  - S de migratorias (redes y búsquedas intensivas) por cafetal:  $S_{MC-BI}$
  - S de residentes (redes y búsquedas intensivas) por cafetal:  $S_{RC-BI}$
  - S general (redes y búsquedas intensivas) durante todo el muestreo, en todos los cafetales:  $S_G$
  - S total (redes y búsquedas intensivas) por cafetal:  $S_{TcafC-BI}$
  - S (redes y búsquedas intensivas) según cafetal por época:  $S_{Caf/EstC-BI}$
  - S por época en cada cafetal (redes y búsquedas intensivas):  $S_{EstC-BI}$
- Riqueza de aves en los árboles utilizados como sombra
  - S total en todos los árboles (búsquedas intensivas):  $S_{GA}$
  - S por especie arbórea (búsquedas intensivas):  $S_A$
- Riqueza de aves en las cercas vivas
  - S total en todas cercas vivas (búsquedas intensivas):  $S_{GCV}$
  - S en las cercas vivas (búsquedas intensivas) por cafetales:  $S_{CV}$

## B. Diversidad de aves

- Método de captura con redes de niebla
  - H' capturada por red, según cafetal y época:
    - migratorias:  $H'_{CM}$
    - residentes:  $H'_{CR}$
    - total (migratorias y residentes):  $H'_{CT}$
    - general durante todo el muestreo, en cada cafetal:  $H'_{CG}$
  - H' total capturada (migratorias y residentes de todas las redes unidas) por mes según la época (lluviosa y seca) en cada cafetal:  $H'_{CTMes}$
  - H' total capturada (migratorias y residentes) para los meses de la época seca en cada cafetal:  $H'_{CTEstSe}$
- Métodos de búsquedas intensivas (aves observadas)
  - H' para búsquedas intensivas (por parcela), según cafetal y época:
    - migratorias:  $H'_{BIM}$
    - residentes:  $H'_{BIR}$
    - total:  $H'_{BIT}$
    - general durante todo el muestreo, en cada cafetal:  $H'_{GBI}$
  - H' total para búsquedas intensivas (todas las parcelas) por mes según la época (lluviosa y seca) en cada cafetal:  $H'_{BITMes}$
  - H' de aves según la especie arbórea entre épocas (búsquedas intensivas):  $H'_{ÁRBOL}$

por 125 (15,2%) migratorios latitudinales y 699 (84,8%) residentes. Se capturó un total de 52 especies: 16 (31%) migratorias y 36 (69%) residentes, passeriformes y no passeriformes. El número medio de especies migratorias capturadas por cafetal fue de 7,40 ( $\pm 2,70$ ) y el de residentes 18,60 ( $\pm 3,13$ ). Se registró 25 familias, y las más representativas en cuanto número de especies fueron: Tyrannidae (9), Emberizidae (9), Parulidae (7) y Trochilidae (6).

El 54% del total de los individuos capturados en todos los cafetales, correspondió a cinco especies: *Turdus grayi* (25%), *Amazilia tzacatl* (10%), *Zonotrichia capensis* (7%), *Vermivora*

*peregrina* (6%) y *Basileuterus rufifrons* (6%). El restante 46% de los individuos capturados perteneció a 48 especies de aves, de las que ninguna presentó una abundancia relativa total mayor al 5%, tomando en cuenta todos los cafetales (véase Cuadro 1).

### Número de individuos capturados (redes)

El número medio de individuos capturados no fue diferente entre la época lluviosa ( $81,8 \pm 28,5$ ) y la seca ( $83,0 \pm 32,9$ ) ( $F=0,004$ ;  $gl=10,1$ ;  $P>0,95$ ). El mayor número de individuos de aves totales capturados por cafetal fue de 184 en CSM (22,3%) y el

menor de 101 (12,3%) en CSE (véase Cuadro 2). Además, el número de individuos capturado fue diferente entre los cafetales ( $X^2=31,09$ ;  $gl=4$ ;  $P<0,001$ ). Sin embargo, el número medio de individuos totales capturado no fue diferente entre cafetales ( $F=0,51$ ;  $gl=10,4$ ;  $P>0,75$ ) ni entre épocas ( $F=0,006$ ;  $gl=10,1$ ;  $P>0,96$ ).

El número de individuos migratorios capturado fue diferente entre los cafetales ( $X^2=26,88$ ;  $gl=4$ ;  $P<0,001$ ). Sin embargo, el número medio de individuos migratorios capturados no fue diferente entre los cafetales ( $F=1,21$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,43$ ), tampoco entre épocas ( $F=0,59$ ;  $gl=10,1$ ;  $P>0,49$ ).

El número de individuos residentes capturados fue diferente entre los cafetales ( $X^2=57,35$ ;  $gl=4$ ;  $P<0,001$ ). Sin embargo, el número medio de individuos residentes capturados no varió entre los cafetales ( $F=0,95$ ;  $gl=10,4$ ;  $P<0,52$ ), menos entre las épocas ( $F=0,06$ ;  $gl=10,1$ ;  $P>0,82$ ).

### Riqueza de especies de aves entre los cafetales y épocas

La  $S_G$  fue de 84, de esas 29 fueron migratorias y 55 residentes. La  $S_C$  no fue diferente entre los cafetales ( $X^2=3,85$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,43$ ) (véase Cuadro 2). Excepto en el CSE, se determinó una riqueza media  $S_{EstC-BI}$  mayor en la época lluviosa (38,2) que en la seca (34,0), aunque no fue significativa ( $F=3,72$ ;  $gl=10,1$ ;  $P>0,13$ ). La  $S_{TcafC-BI}$  tendió a ser diferente entre los cafetales ( $X^2=8,69$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,07$ ) (véase Cuadro 5). Asimismo, la  $S_{Caf/EstC-BI}$  decreció de forma lineal en los cafetales con menor cantidad de estratos vegetativos ( $R^2=0,76$ ;  $F=66,31$ ;  $gl=1-3$ ;  $P<0,005$ ), ya que la variación fue explicada en un 76%.

La  $S_{MC-BI}$  fue diferente entre los cafetales ( $X^2=11,07$ ;  $gl=4$ ;  $P<0,03$ ). Sin embargo, la  $S_{RC-BI}$  entre los cafetales no fue diferente ( $X^2=3,94$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,41$ ).

### Diversidad de especies de aves

La  $H'_{CT}$  media no fue diferente entre los cafetales ( $F=0,65$ ;  $gl=80,4$ ;  $P>0,63$ ), tampoco entre las épocas ( $F=0,13$ ;  $gl=80,1$ ;  $P>0,72$ ). Sin embargo, la  $H'_{CR}$  media tendió a ser menor en el CSE que en el CSM, CSP y el CSS ( $F=2,28$ ;  $gl=80,4$ ;  $P>0,07$ ), pero no hubo diferencias entre las épocas ( $F=0,82$ ;  $gl=80,1$ ;  $P>0,38$ ). Además, no se encontró diferencias significativas en la  $H'_{CM}$  media entre los cafetales ( $F=0,74$ ;  $gl=10,4$ ; ns), ni entre épocas ( $F=0,13$ ;  $gl=10,1$ ; ns). Asimismo, la  $H'_{CG}$  mayor se registró en el CSP (2,74) y la menor en el CSM (2,29) (véase Cuadro 4).

El CSM presentó una mayor  $H'_{BIT}$  media (2,9372) que el resto de los cafetales, principalmente con el CSB (2,4463) y el CSS (2,3185) ( $F=4,59$ ;  $gl=30,4$ ;  $P<0,007$ ). También fue mayor la  $H'_{BIT}$  del CSP y CSE que la del CSS. Sin embargo, no hubo diferencias en la  $H'_{BIT}$  entre las épocas ( $F=1,45$ ;  $gl=30,1$ ;  $P>0,24$ ). De igual forma, el CSM mostró una mayor  $H'_{BIR}$  media que el CSB y el CSS ( $F=3,31$ ;  $gl=30,4$ ;  $P<0,03$ ), igualmente el CSP y el CSE sobre el CSS; aunque no hubo diferencias entre épocas ( $F=0,17$ ;  $gl=30,1$ ;  $P>0,69$ ). Además, el CSM presentó una mayor  $H'_{BIM}$  media que el resto de los cafetales ( $F=13,23$ ;  $gl=30,4$ ;  $P<0,001$ ). Asimismo, en la época lluviosa se encontró una mayor  $H'_{BIM}$  media (1,4573) que durante la época seca (0,9236) ( $F=24,94$ ;  $gl=30,1$ ;  $P<0,001$ ). También, la  $H'_{GBI}$  mayor se registró en el CSM (3,26) y la menor en el CSS (2,65) (véase Cuadro 4).

De los diez meses muestreados, en cinco -de agosto a diciembre de 1996-, y especialmente en enero, febrero y marzo de 1997, se encontró una disminución de la  $H'_{CTMes}$  con respecto al mes de mayo de 1997, puesto que fue en este mes donde más se incrementó la  $H'_{CTMes}$  durante las dos épocas climatológicas ( $F=6,33$ ;  $gl=50,9$ ;  $P<0,001$ ). Aunque no hubo diferencias entre los cafetales a través de los meses en la  $H'_{CTMes}$  ( $F=0,39$ ;  $gl=50,4$ ;  $P>0,81$ ). Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas en la  $H'_{BITMes}$  durante todos los meses de ambas épocas ( $F=0,83$ ;  $gl=50,9$ ;  $P>0,59$ ), pero el CSM mostró una mayor  $H'_{BITMes}$  a través de todos los meses, específicamente sobre el CSE, CSB y el CSS ( $F=3,14$ ;

Cuadro 1.

### Abundancia relativa (%) de las especies de aves más abundantes capturadas en los diferentes tipos de cafetales, en la zona norte de Heredia, Costa Rica (agosto-1996 a mayo-1997)

| FAMILIA<br>Especie  | Cafetales |      |                             |      |            | TOTAL <sup>b</sup> |
|---|-----------|------|-----------------------------|------|------------|--------------------|
|   | CSM       | CSP  | CSE                         | CSB  | CSS        |                    |
| COLUMBIDAE<br><i>Leptotila verreauxi</i>  | 5,0       | 7,0  |                             |      |            |                    |
| HIRUNDINIDAE<br><i>Notiochelidon cyanoleuca</i>   |           |      |                             |      | 15,0       |                    |
| TROCHILIDAE<br><i>Amazilia tzacatl</i>  | 15,0      | 10,0 |                             | 20,0 | 9,0        | 10,0               |
| TURDIDAE<br><i>Turdus grayi</i><br><i>Catharus aurantiirostris</i>  | 38,0      | 31,0 | 10,0<br>7,0                 | 30,0 |            | 25,0               |
| VIREONIDAE<br><i>Vireo flavovirides</i>   |           |      |                             | 4,4  |            |                    |
| PARULIDAE<br><i>Seiurus aurocapillus</i> <sup>a</sup><br><i>Wilsonia pusilla</i> <sup>a</sup><br><i>Vermivora peregrina</i> <sup>a</sup><br><i>Basileuterus rufifrons</i> |           |      | 6,0<br>10,0<br>13,0<br>13,0 | 6,0  | 6,0<br>6,0 | 6,0                |
| THRAUPIDAE<br><i>Thraupis episcopus</i>   | 10,0      |      |                             |      |            |                    |
| EMBERIZIDAE<br><i>Melospiza bicuartum</i><br><i>Melospiza leucotis</i><br><i>Zonotrichia capensis</i>   |           | 7,0  | 11,0<br>7,0                 | 4,4  | 26,0       | 7,0                |

<sup>a</sup> especie migratoria. CSM: cafetal con sombra mezclada, CSP: cafetal con sombra de poró, CSE: cafetal con sombra de eucalipto, CSB: cafetal con sombra de banano y CSS: cafetal sin sombra.

<sup>b</sup> TOTAL: mayor, igual o cercano a un 5% de la abundancia relativa: número de individuos de una especie entre el total de individuos de todas las especies en c/cafetal y en todos los cafetales.

gl=50,4; P<0,03).

La H'CTMes no aumentó en forma lineal en los meses de las dos épocas climáticas ( $R^2=0,16$ ;  $F=2,98$ ;  $gl=1-8$ ;  $P>0,25$ ), ya que la variación sólo es explicada por un 16%. Sin embargo, sólo para los meses de la época seca la H'CTEstSe sí aumentó de forma lineal ( $R^2=0,64$ ;  $F=59,76$ ;  $gl=1-3$ ;  $P<0,005$ ), puesto que la variación en su mayoría es explicada por un 64%.

### Riqueza y diversidad de aves en los árboles de sombra

La SGA en todos los árboles fue de 45, compuesta por 18 migratorias y 27 residentes. La SA fue mayor en los árboles de *Inga* sp (guaba) (25) y menor en árboles de *Dillenia indica*, *Mangifera indica*, *Salix humboldtiana*, *Eryobotria japonica* y *Bambusa* sp (2) (véase Cuadro 5) ( $G=75,72$ ;  $gl=19$ ;  $P<0,001$ ). Además, la H'ÁRBOL media fue mayor en los árboles de *Inga* spp, *Diphysa robinoides*, *Erythrina poeppigina*, *Spondias purpurea*, *Citrus aurantium*, *Eucalyptus globulus* y *Acnistus arborescens*, que en las restantes especies arbóreas ( $F=9,09$ ;  $gl=40,19$ ;  $P<0,001$ ); aunque no hubo diferencias entre las épocas ( $F=0,53$ ;  $gl=40,1$ ;  $P>0,48$ ).

### Cercas vivas y número de nidos

La SGCv fue de 42, compuesta por 13 migratorias y 29 residentes. La SCv no fue diferente entre los cafetales ( $X^2=0,13$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,13$ ) (véase Cuadro 6), a pesar de que tendió a disminuir en los cafetales con menor cantidad de estratos vegetativos.

Se encontró un total de 34 nidos en los cafetales, incluyendo las cercas vivas, y 24 sin éstas (véase Cuadro 6). El número de nidos encontrados no fue diferente entre los cafetales ( $G=3,09$ ;  $gl=4$ ;  $P>0,90$ ). No obstante, en el CSM (8) y CSP(8) se encontró un mayor número de nidos que en el resto de los cafetales, al no incluir los nidos localizados en las cercas vivas ( $G=9,71$ ;  $gl=4$ ;  $P<0,05$ ).

## Discusión

### Abundancia de aves en cafetales con sombra

Los cafetales con sombra y en especial los que poseen un dosel variado, son

**Cuadro 2.**

**Riqueza de especies (S) y número de individuos capturados: total, residentes y migratorios, para cada tipo de cafetal entre las épocas lluviosa y seca, en la zona norte de Heredia, Costa Rica (1996-1997)**

|                     | Cafetales |     |     |     |     | P<                 |
|---------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|--------------------|
|                     | CSM       | CSP | CSE | CSB | CSS |                    |
| Ind. totales        | 184       | 181 | 101 | 182 | 176 | 0,001 <sup>a</sup> |
| Ind. migratorios    | 8         | 20  | 39  | 34  | 24  | 0,001 <sup>a</sup> |
| Ind. residentes     | 176       | 161 | 62  | 148 | 152 | 0,001 <sup>a</sup> |
| Ind. época lluviosa | 68        | 114 | 54  | 62  | 111 | NSb                |
| Ind. época seca     | 116       | 47  | 67  | 120 | 65  |                    |
| S capturadas        | 25        | 34  | 21  | 23  | 27  | NSa                |

<sup>a</sup> prueba entre cafetales.  
<sup>b</sup> prueba entre épocas.

**Cuadro 3.**

**Riqueza de especies de aves (capturadas y observadas): total, residente y migratoria, para cada tipo de cafetal entre las épocas lluviosa y seca, en la zona norte de Heredia, Costa Rica (1996-1997)**

|             | Cafetales |     |     |     |     | P<                |
|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|
|             | CSM       | CSP | CSE | CSB | CSS |                   |
| Lluvioso    | 50        | 44  | 33  | 32  | 32  | NSb               |
| Seco        | 41        | 36  | 36  | 30  | 27  | 0,04 <sup>a</sup> |
| Migratorias | 20        | 16  | 12  | 9   | 9   | 0,03 <sup>a</sup> |
| Residentes  | 38        | 37  | 37  | 28  | 26  | NSa               |
| Total       | 58        | 53  | 49  | 37  | 35  | 0,07 <sup>a</sup> |

<sup>a</sup> prueba entre cafetales.  
<sup>b</sup> prueba entre épocas.

**Cuadro 4.**

**Índice de diversidad general de aves capturadas (H'GC) y observadas (H'GBI) durante todo el período de muestreo entre los diferentes tipos de cafetales, en la zona norte de Heredia, Costa Rica (agosto-1996 a mayo-1997)**

|       | Cafetales |      |      |      |      |
|-------|-----------|------|------|------|------|
|       | CSM       | CSP  | CSE  | CSB  | CSS  |
| H'GC  | 2,29      | 2,74 | 2,61 | 2,33 | 2,63 |
| H'GBI | 3,26      | 3,18 | 3,09 | 2,90 | 2,65 |

hábitats perturbados a los que muchas especies de aves migratorias y residentes, así como otros animales, pueden adaptarse debido a su complejidad estructural (Aguilar, 1980; Calvo y Blake, 1998). En las especies arbóreas utilizadas para dar sombra el alimento es más abundante (insectos, flores, frutos) que en los propios bosques húmedos tropicales (Wunderle y Latta, 1993). Así que las cuatro especies de aves más abundantes capturadas en los cafetales con sombra de este estudio también lo fueron en otros cafetales del Neotrópico compuestos de una o varias especies arbóreas como *Inga* sp, *Gliricidia* sp, *Erythrina* sp, *Citrus* sp y otras (Stiles, 1990; Robbins *et al.*, 1992; Powel *et al.*, 1992; Vannini, 1994; Stiles y Skutch, 1995; Greenberg *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Calvo y Blake, 1998).

Cabe señalar que la mayoría de los individuos capturados provienen de unas pocas especies de aves (9%) y

que la mayor parte de las especies (91%) contribuyeron con un bajo número de capturas, lo cual está sujeto a lo determinado en estudios anteriores realizados en las comunidades del trópico: el dominio de pocas especies animales con muchos individuos y de muchas especies con un número bajo de individuos (Blake *et al.*, 1990; Karr *et al.*, 1990).

El CSM es un hábitat muy atractivo para la conservación del *T. Grayi* (yigüirro), ave nacional de Costa Rica. Esta fue la especie más abundante (capturada) en todos los cafetales con sombra, con una presencia tres veces mayor en el CSM (capturada y observada). *V. peregrina* se constituyó en la especie migratoria más abundante (capturada y observada), especialmente en el CSM, CSE y el CSB, posiblemente por la presencia durante su estada de recursos suficientes para su alimentación.

### Abundancia de aves en cafetales sin sombra

En el CSS, la abundancia considerable de la golondrina *Notiochelidon cyano-leuca* y del comemaíz (*Zonotrichia capensis*) se explica por su preferencia por hábitats con escasez de árboles (Stiles y Skutch, 1995), característica propia de estos cafetales. En este tipo de cafetal *V. peregrina* fue la especie migratoria más abundante, inclusive muy por encima de *Wilsonia pusilla*, una de las especies más reportadas durante estudios recientes en cafetales sin sombra (Greenberg, 1996; Greenberg *et al.*, 1997). Es posible que *V. peregrina* se adapte mejor a este tipo de hábitat abierto y que *W. pusilla* necesite de hábitats arbolados a la hora de buscar su alimento (Stiles y Skutch, 1995). En general, ambas especies utilizan tanto los cafetales con y sin sombra, demostrando su adaptación para soportar hábitats simples y complejos estructuralmente.

Es importante indicar que, además de la sombra, la altitud influyó en la abundancia de *W. pusilla*, porque en el cafetal con sombra de *Eucalyptus* sp (localizado a 200 m. más de altitud que el resto de los cafetales muestreados) se registró la mayor abundancia de esta especie, lo cual coincide con otro estudio de Greenberg (1996). La mayor ubicación altitudinal generó una captura menor en el número de individuos totales (todas las especies) en este cafetal, puesto que el ambiente es más frío, lo que generalmente resulta en avifaunas pobres (Karr, 1980). Además, dicha especie arbórea al igual que otras exóticas, como el pino (*Pinus* sp) y la teca (*Tectona grandis*), no proveen los requerimientos de hábitat necesarios para las aves y se constituyen en cierta forma en barreras estériles, al ser poco utilizadas por las aves (Keast *et al.*, 1980).

### Riqueza y diversidad de aves capturadas y observadas

Cuando se trabaja con un único método de muestreo de aves, existen ciertas especies que no pueden ser detectadas, obteniéndose datos subestimados sobre la riqueza de especies; por lo tanto, es más adecuado estimar la riqueza de especies de aves a través de dos métodos que sean complementarios (redes de niebla y búsquedas intensivas) (Dawson *et al.*, 1995). Además, es necesario estimar la diversidad de espe-

**Cuadro 5.**

### Riqueza de especies de aves identificadas en los árboles de sombra usados en los diferentes cafetales, en la zona norte de Heredia, Costa Rica (agosto-1996 a mayo-1997)

| Especie arbórea                           | Riqueza (S) | P<     |
|---|-------------|--------|
| <i>Inga</i> sp                            | 24          |        |
| <i>Citrus aurantium</i>                   | 16          |        |
| <i>Erythrina</i> sp ( <i>poepigiana</i> ) | 14          |        |
| <i>Spondias purpurea</i>                  | 12          |        |
| <i>Diphysa robinoides</i>                 | 12          |        |
| <i>Acnistus arborescens</i>               | 10          |        |
| <i>Trichilia glabra</i>                   | 10          |        |
| <i>Eucalyptus</i> sp ( <i>globulus</i> )  | 9           |        |
| <i>Musa</i> sp                            | 7           |        |
| <i>Mangifera indica</i>                   | 6           | 0,001* |
| <i>Annona reticulata</i>                  | 6           |        |
| <i>Persea americana</i>                   | 5           |        |
| <i>Ficus</i> sp                           | 5           |        |
| <i>Psidium guajava</i>                    | 4           |        |
| <i>Cupressus lusitanica</i>               | 3           |        |
| <i>Eugenia jambos</i>                     | 2           |        |
| <i>Salix humboldtfolia</i>                | 2           |        |
| <i>Bambusa</i> sp                         | 2           |        |
| <i>Eryobotria japonica</i>                | 2           |        |
| <i>Dilenia indica</i>                     | 2           |        |

\* prueba entre especies arbóreas.

cies de aves para cada método por separado, puesto que ambas técnicas tienen sus propios sesgos.

Las diferencias en la STCaFCBI, riqueza total, riqueza de aves migratorias (capturada y observada) y en la diversidad de aves total, residente y migratoria (observada) determinadas en los diferentes tipos de cafetales, evidencian una relación muy clara: a mayor complejidad estructural vegetativa en los cafetales, mayor riqueza y diversidad de aves, ya que los cafetales con sombra mezclada presentan una cantidad mayor de estratos (3), asociados a una alta variedad de especies arbóreas (MacArthur y MacArthur, 1961; Aguilar, 1980; Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; González, 1999a).

Los tres estratos estuvieron claramente diferenciados en el cafetal con sombra mezclada estudiado, y ellos -principalmente el dosel, que es más diverso (Wunderle y Latta 1998)- conforman los sitios más importantes para que las aves busquen su alimento, lo que produce una gran disponibilidad de recursos presentes durante la mayor parte del año, atractivos para las aves migratorias y residentes. Además, dichos recursos atraen otros grupos de animales tales como insectos, que forman parte del alimento de las aves migratorias (Calvo y Blake, 1998; Wunderle y Latta, 1998). Lo anterior se evidencia en los resultados obtenidos sobre la riqueza de especies de insectos (González, 1999b): se encontró 100 especies más de insectos (diurnos y nocturnos) en el CSM.

La situación anterior no se presentó en el resto de los cafetales, siendo el cafetal sin sombra el más pobre en cantidad de estratos vegetativos presentes (1), utilizado básicamente por las aves para perchar en momentos de realizar la caza de algunos invertebrados, ya que las plantas de café, por sí solas, únicamente proveen recursos alimenticios limitados para la mayoría de las aves. Prueba de esto es que Wunderle y Latta (1998) determinaron que de las 19 especies de aves que se alimentaron en el dosel y subdosel de un cafetal con sombra mezclada, el 50% (aproximado) de ellas no lo hicieron en el único estrato presente en el cafetal sin sombra, por el poco alimento ofrecido en dicho hábitat.

La riqueza total de aves encontrada en el cafetal con sombra mezclada

**Cuadro 6.**

**Riqueza de especies en cercas vivas y número de nidos de aves encontrados dentro de cada tipo de cafetal en la zona norte de Heredia, Costa Rica (agosto-1996 a mayo-1997)**

|  | Cafetales |     |     |     |     | P<    |
|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|
|  | CSM       | CSP | CSE | CSB | CSS |       |
| Riqueza en cercas vivas                | 23        | 24  | 13  | 16  | 12  | NSa   |
| Nº nidos en cercas vivas <sup>b</sup>  | 9         | 9   | 5   | 4   | 7   | NSa   |
| Nº nidos sin cercas vivas <sup>c</sup> | 8         | 8   | 2   | 1   | 5   | 0,05a |

<sup>a</sup> prueba entre cafetales, <sup>b</sup> incluye los nidos encontrados dentro de los cafetales y en las cercas vivas, las que, generalmente, se encuentran bordeando el cafetal; <sup>c</sup> nidos localizados dentro del cafetal, sin tomar en cuenta las cercas vivas.

(58) fue menor a la encontrada en otras investigaciones (hubo otras especies que no se pudo identificar por encontrarse en el dosel): 136 en México y 101 en Perú (Aguilar, 1980). Estudios más recientes en Guatemala (Greenberg *et al.*, 1997) y en Colombia (Borrero, 1986) mostraron que los cafetales con sombra (*Inga* sp o mezclada) presentan alta riqueza de especies de aves (73), mayor a la obtenida en este estudio. Pero es evidente que los cafetales con sombra mezclada soportan una riqueza mayor de aves que los cafetales con sombra tecnificada o manejada (Calvo y Blake, 1998), al igual que en este estudio; porque la sombra tecnificada disminuye la complejidad estructural, a lo que se asocia el empleo de una cantidad mayor de agroquímicos, ambos factores negativos para las aves.

En algunos cafetales sin sombra de Guatemala se ha registrado 65 especies de aves (Greenberg *et al.*, 1997), cifra que supera lo encontrado en el cafetal sin sombra de este estudio (35). Esta diferencia puede deberse a la presencia de árboles pequeños (5 a 6 m.) en aquellos cafetales guatemaltecos, que, aun con dosel "insignificante", atraen a las aves por el solo hecho de contar con éste, ya que es otro estrato más en donde pueden buscar alimento -por ejemplo, insectos-. Los resultados obtenidos en Guatemala no son extensivos a los cafetales sin sombra, como los que fueron objeto de este estudio, puesto que aquéllos tenían árboles (no eran "verdaderos" cafetales sin sombra).

Son obvias la mayor riqueza de especies de aves migratorias en el cafetal con sombra mezclada (20) y su

gran pobreza (9) en el cafetal sin sombra. Datos similares fueron obtenidos en cafetales con sombra en Guatemala (23) y en Colombia (15) (Borrero, 1986; Greenberg *et al.*, 1997). La baja riqueza de aves migratorias encontrada en el cafetal sin sombra también fue registrada en otros cafetales de este tipo (8) en Puerto Rico (Wunderle y Waide, 1993).

Un elemento positivo determinado a través de este estudio, al igual que en otras regiones del Neotrópico, es que los cafetales con sombra mezclada pueden servir como zonas de amortiguamiento efectivas entre las áreas de bosque protegidas y las zonas de agricultura (Wunderle y Latta, 1998). En estos agroecosistemas algunas de las especies de aves migratorias y residentes encontradas fueron especies de bosque. Por el contrario, la mayoría de las especies de aves registradas en el cafetal sin sombra y con sombra monoespecífica corresponden a matorrales o charrales (Aguilar, 1980; Wunderle y Waide, 1993; Wunderle y Latta, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Latta y Baltz, 1997; Calvo y Blake, 1998). Esto puede deberse a la semejanza a nivel estructural y florístico de los cafetales con sombra mezclada con ciertas vegetaciones naturales, principalmente bosques caducifolios (Aguilar, 1980; Wille, 1995; Moguel y Toledo, 1996). La semejanza es tal que estudios recientes concuerdan con los resultados de este estudio en que la riqueza y diversidad de aves migratorias únicamente es menor que en los bosques húmedos (Cafetín, 1995; Greenberg, 1996). Estudios más actuales en fragmentos de bosques en el Pacífico Central del

país reportaron una riqueza menor en especies de aves migratorias (18) (López, 1998) que en el cafetal con sombra mezclada de esta investigación (20). Sin embargo, la riqueza total de especies migratorias del mismo cafetal fue inferior a la registrada en los bosques húmedos (36) de la costa atlántica de Costa Rica (Mora, 1999).

Los otros tipos de cafetales con sombra monoespecífica (una sola especie arbórea) evaluados tampoco hicieron un aporte significativo de aves del bosque. Igual situación se determinó en Guatemala, donde se registró algunas especies de aves del bosque húmedo siempre verde en un cafetal con sombra tradicional y ninguna en el cafetal con sombra tecnificada (Calvo y Blake, 1998).

Aunque no fue posible detectar diferencias de H'CT entre los cafetales durante ambas épocas climáticas, sí fue evidente que durante los meses en que más se acentúa la época seca en Costa Rica (enero a marzo) la diversidad de aves capturada disminuyó considerablemente; además, como durante esos meses los vientos alisios (del norte) inciden con mucha fuerza, las redes de niebla se movieron mucho, haciéndose más visibles para las aves y, entonces, disminuyendo el porcentaje de captura de las mismas (Hernández, 1996. *Com. pers.*). Lo contrario se detectó en los meses de abril y mayo del mismo año, incrementándose entonces mucho la diversidad de aves debido -en parte- al inicio de la época lluviosa, que constituye un clima más adecuado para la mayor abundancia de insectos como fuente alimenticia para las aves (González, 1999b). La H'CG en los cafetales con sombra mezclada y sin sombra es mayor en comparación con otros cafetales de República Dominicana (Wunderle y Latta, 1996).

Otro factor que influyó en la diferencia de la H'CG entre ambos cafetales fue que, al trabajar con redes de niebla, el perfil de la vegetación vertical del cafetal sin sombra se muestrea totalmente, mientras que en los cafetales con sombra mezclada y monoespecífica el subdosel y el dosel prácticamente no se muestrean, porque tales redes son principalmente eficaces en el trabajo con las comunidades de aves tropicales de estratos bajos (Askins *et al.*, 1990; Wunderle y Latta, 1996). Muchas aves desarrollan la ac-

tividad de forrajeo sólo en el dosel sin descender casi nunca al nivel de las redes -lo cual expresa una segregación vertical de las especies, fenómeno que es más común en el trópico (MacArthur y MacArthur, 1974) e imposible que ocurra en un cafetal sin sombra-.

Al comparar la H'GBI mediante el método de búsquedas intensivas se tiene la posibilidad de muestrear todos los estratos vegetativos (Parker III 1994; Dawson *et al.*, 1995). Este método mostró mejor la realidad: una diversidad mayor de aves en el cafetal con sombra mezclada (3,25) respecto del resto de los cafetales y, en especial, una diferencia muy marcada en relación con el cafetal sin sombra (2,65).

Queda claro que los cafetales con sombra mezclada son importantes para conservar la avifauna residente y migratoria del país, exhibida a través de la H'BIM, H'BIR y H'BIT, como fuente de recursos: alimentación, anidación, percheo y refugio; y más destacadamente importantes para la avifauna migratoria, que utiliza mayoritariamente ese tipo de cafetal, y principalmente durante la época lluviosa. Datos recientes en el Caribe de Costa Rica también muestran que durante esta época climática se capturó una mayor diversidad de aves migratorias (Mora, 1999).

#### Importancia de los árboles individualmente

Los árboles de sombra del género *Inga* sp (guaba) fueron los más utilizados por las aves. Algo parecido se presentó en cafetales de República Dominicana, ya que de las 19 especies de aves reportadas alimentándose 18 lo realizaron en el dosel de los árboles de *Inga* sp, principalmente en sus hojas, lo que sugiere que ellos hospedan una abundante fauna de invertebrados (Wunderle y Latta, 1998). De hecho, secretan gran cantidad de néctar, atractivo para muchos polinizadores naturales como invertebrados, quirópteros y aves. Además, son muy importantes para muchos vertebrados, como los mamíferos medianos y el hombre (Gallina *et al.*, 1993), pues producen muchas inflorescencias, semillas y frutos utilizables. Los recursos que estos árboles proveen están disponibles también en

la época seca, cuando la diversidad y densidad de aves migratorias aumentan (Vannini, 1994; Wunderle y Latta, 1996; Calvo y Blake, 1998): según este estudio éstas comenzaron a llegar a mediados del mes de agosto y los últimos individuos se marcharon a mediados de mayo. Es esencial, entonces, que los árboles utilizados para sombra en los cafetales posean períodos fenológicos asincrónicos.

Otra de las especies arbóreas más utilizadas por las aves fue *Citrus aurantium* (naranja). Específicamente, en los árboles de cítricos (plantaciones) se han reportado 39 especies de aves, de las que 16 eran residentes en Costa Rica; al igual sucede en algunos países caribeños (Robbins *et al.*, 1992) y en Guatemala (Vannini, 1994). Además, los cítricos y otras especies arbustivas (guayabas, bananos, etcétera) presentes en el cafetal pueden cumplir la función de hacerlo más atractivo para las aves, produciendo una variedad mayor de recursos alimenticios asincrónicos con los generados por los árboles de *Inga* sp, produciendo una capa de follaje que provee sustrato para las aves insectívoras, conformando así el subdosel del cafetal (Calvo y Blake, 1998; Wunderle y Latta, 1998).

Un factor negativo de un dosel compuesto por árboles de poró como sombra, donde se registró una alta riqueza de especies de aves migratorias y residentes (53), es que dicho árbol pierde sus hojas en la época seca, por lo que el cafetal llega a parecer sin sombra en ese momento (Perfecto *et al.*, 1996), situación ésta que pudo influir en el presente estudio, debido a que se capturaron 44 especies de aves durante la época lluviosa y sólo 35 durante la época seca, y la captura de individuos en la época lluviosa triplicó la de la seca.

El dosel de plantas de banano presentó una riqueza baja de aves (37), similar a la encontrada en el cafetal sin sombra (35), lo cual indica su poco valor ecológico para las aves. Igualmente, Wunderle y Latta (1998) determinaron que las aves hicieron un escaso uso de *Musa* sp en su búsqueda de alimento en un cafetal con esa sombra, a pesar de existir un buen número de esas plantas allí. Pero cuando se dio una combinación de plantas de banano con otras especies de árboles, las densidades de aves aumentaron -

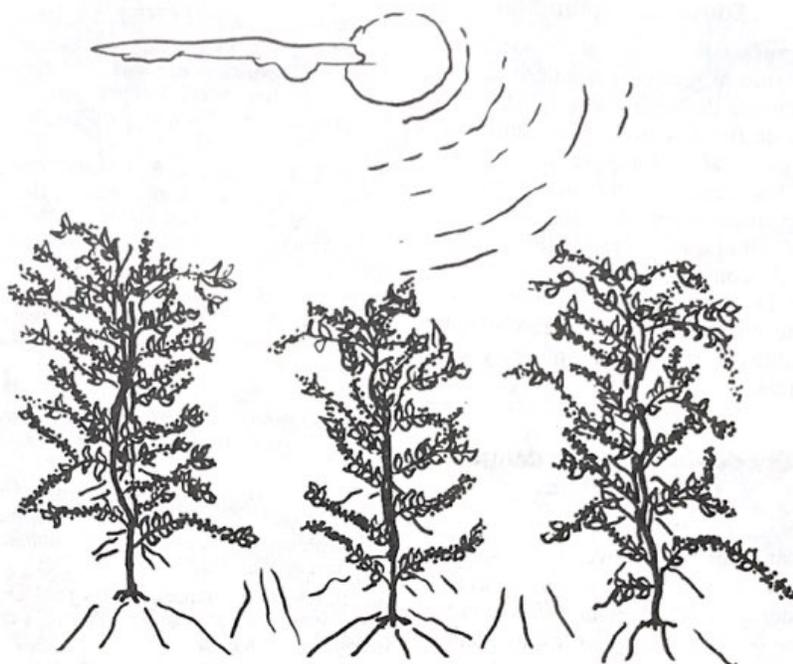
contrario a lo detectado en grandes plantaciones de banano, donde no se registraron aves ni artrópodos de ningún tipo (Robbins *et al.*, 1992)-.

### Cercas vivas

La importancia de las cercas vivas es notable: la mitad de las especies registradas en todos los cafetales fue también detectada en ellas (42). Además, aumentan el hábitat disponible para las aves residentes durante sus períodos de anidación. Los cafetales que presentaron mayor cantidad de nidos fueron los de sombra mezclada (9) y los de *Erythrina* sp (9), números éstos cuya bajura podría deberse a la destrucción de los nidos por parte de los recolectores del café y de los trabajadores de las fincas. Otros estudios (Wunderle y Latta, 1996) señalan que los cafetales con sombra son hábitats que proveen los recursos suficientes para que se lleve a cabo la anidación de algunas especies de aves. Asimismo, Wunderle y Latta (1998) indican que los bordes de los cafetales que poseen una diversidad de plantas a modo de cercas vivas atraerán más aves porque ofrecen más variedad de recursos alimenticios.

Aunque la mayoría de las plantaciones de café (85%) en Costa Rica son relativamente pequeñas (10 ha.) (Harner, 1997), sí pueden cumplir su papel en la conservación de la avifauna y en especial de las aves migratorias neotropicales, dado que éstas ocupan grandes áreas en el norte del continente, y a América Latina vienen en su época no reproductiva (Greenberg, 1996; Perfecto *et al.*, 1996; Wille, 1994, 1995). Estos agroecosistemas pueden proveer recursos alimenticios a una variedad de especies de aves, ayudando a mantener la diversidad y abundancia de ellas en las regiones agrícolas (Wunderle y Latta 1998).

Lamentablemente, dos procesos que están ocurriendo en el país: la tecnificación del café (eliminación de la sombra) y la urbanización (eliminación de los cafetales para construcciones), pueden estar provocando no sólo la declinación de las poblaciones de aves migratorias, sino también de la avifauna residente del país (Stiles, 1990; Greenberg, 1996).



### Recomendaciones de manejo

#### Uso de la sombra

- Volver al establecimiento de los árboles para sombra en los cafetales del país con el fin de disfrutar de los beneficios ecológicos y, en general, ambientales que aquéllos proporcionan.
- Utilizar como mínimo unas tres especies de árboles nativos como sombra. Entre las más adecuadas para brindar alimento y refugio a las aves y resto de los animales están: *Inga* sp (guaba), *Diphysa robinoides* (guachipelín), *Spondias purpurea* (jocote), *Citrus aurantium* (naranja), *Acnistus arborescens* (güítite) y *Trichilia glabra* (uruca).
- Usar especies de árboles y arbustos de sombra que sean, por lo menos en un 50%, perennes y que sus ciclos fenológicos sean asincrónicos, para que los animales tengan alimento y refugio durante todo el año.
- En los cafetales sin sombra que en alguna parte del año poseen cierta cantidad de arbustos para dar sombra o nitrogenar el suelo, es aconsejable restringir las podas durante la estación seca. Durante las podas de mantenimiento o regulación dejar como mínimo el 50% de las flores y frutos sin podar para el uso de animales como aves migratorias y residentes.

- Mantener una densidad de siembra de la sombra de por lo menos 30 a 50 árboles por hectárea, para cumplir con sus funciones ecológicas y económicas.

#### Conservación de la biodiversidad en los cafetales

- No extraer la vida silvestre con fines comerciales.
- Proteger las especies amenazadas, raras y en peligro. Tales como *Seiurus motacilla*, *Dendroica townsendi* y *Pheucticus ludovicianus*, que son especies de aves migratorias registradas en los cafetales.
- Controlar el aprovechamiento de recursos naturales con fines de subsistencia por parte de los trabajadores y personas locales.
- No permitir la cacería ni el uso de accesorios como flechas u hondas, sorbetanas y rifles de balines dentro de los cafetales que produzcan daños a la biodiversidad.
- Cumplimiento real de las leyes que establecen la prohibición de la transformación de las zonas de suelo aptos para la agricultura en áreas para la urbanización, ya que debido a lo acelerado de este proceso los cafetales, y en especial los que tienen sombra, pueden llegar a desaparecer, principalmente en el Valle Central.

### Educación ambiental

Llevar a cabo un programa de charlas dirigido al gremio cafetalero del país (técnicos de CICAPE e ICAFE, dueños de fincas cafetaleras, administradores y trabajadores de los cafetales) y a los centros de educación primaria y secundaria cercanos a las fincas de café, en el que se resalte la importancia de conservar los parches de bosque, la vida silvestre y la sombra presente en los cafetales, y también las posibles ventajas económicas y ecológicas.

### Ley de vida silvestre dentro de los cafetales

Dado que las plantaciones de café con sombra mezclada proveen recursos para una variedad de aves migratorias y residentes, insectos y mamíferos -entre otros- en las áreas agrícolas, ayudando a mantener la abundancia y diversidad de la fauna en estas regiones, las plantaciones de café con sombra mezclada deberían ser consideradas como zonas efectivas de amortiguamiento entre las zonas boscosas y los alrededores del paisaje agrícola.

### Posibles investigaciones

- Sobre los mamíferos, reptiles y anfibios que utilizan los cafetales con sombra mezclada y otros tipos del país.
- Sobre la diversidad de aves residentes y migratorias en los márgenes ribereños colindantes con los cafetales.
- Acerca del grado de perturbación que sufre la nidación de las aves residentes (destrucción de nidos) durante los períodos de aplicación de agroquímicos, de poda de las plantas de café y de sombra y de recolección del café.
- Impacto sobre las poblaciones de aves, mamíferos y anfibios por la cañería dentro de los cafetales con sombra mezclada del país.
- Determinación de los períodos reproductivos de las aves residentes en los cafetales.

### Referencias bibliográficas

Aguilar, F. 1980. *Estudio ecológico de las aves del cafetal*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Veracruz, México.

Alvarado, M. y G. Rojas. 1994. *El cultivo y beneficiado del café*. EUNED. San José.

Askins, R., J. Lynch and R. Greenberg. (1990). "Population declines in migratory birds in Eastern North America", en: D. M. Power (ed.). 1990. *Current Ornithology*. Plenum Press. New York.

Blake, J., G. Stiles and B. Loiselle. (1990). "Birds of La Selva biological station: Habitat use, trophic composition and migrants", en: A. H. Gentry (ed.). 1990. *Four Neotropical Rainforest*. Yale University Press. London.

Borrero, J. 1986. "La sustitución de cafetales de sombra por caturra y sus efectos negativos sobre la fauna de vertebrados", en: *Caldasia* n° 15.

Bower, J., J. Zar and C. Von Ende. 1990. *Field and laboratory methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Pub., Dubuque, IA, USA.

Buckland, S., D. Anderson., K. Burham and J. Laake. 1993. *Distance Sampling: estimating abundance of biological populations*. Chapman & Hall. USA.

Cafetin. 1995. "El impacto de las poblaciones de aves en las plantaciones de café", en: *Anacafé* (Guatemala).

Calvo, L. and J. Blake. 1998. "Bird diversity and abundance on two different shade coffee plantations in Guatemala", en: *Bird Conservation International* 8.

Dawson, D., J. Sauer, P. Wood, M. Berlanga, M. Wilson and C. Robbins. 1995. "Estimating bird species richness from capture and count data", en: *Journal of Applied Statistics* n° 22(5-6).

Defensores de la Naturaleza. 1995. "Aves en cafetales de sombra", en: *Ecos de la Sierra*, n° 6.

Gallina, S., S. Mandujano and A. González. 1993. *Mamíferos frugívoros, su diversidad y su impacto en los cafetales mixtos de Barranca Grande Veracruz. Resúmenes: 1er reunión de investigadores sobre fauna veracruzana, México*. Soc. Ver. Zool., Instituto de Ecología, Universidad Veracruzana. México.

González, J. A. (1999a). "Comparación económico-ecológica de los costos y beneficios en cafetales con y sin sombra y su implicación para la conservación de la avifauna, Heredia, Costa Rica" (Artículo II), en: González, J. 1999. *Impacto económico-ecológico del manejo de los cafetales con y sin sombra para la conservación de aves e insectos en la III zona cafetalera de Heredia, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica.

González, J. A. (1999b). "Diversidad de insectos y su relación como fuente de alimento para las aves en cafetales con y sin sombra en Heredia, Costa Rica" (Artículo I), en: González, J. 1999. *Impacto económico-ecológico del manejo de los cafetales con y sin sombra para la conservación de aves e insectos en la III zona cafetalera de Heredia, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica.

Graphic Software Systems, Inc. 1985-1989. *Statgraphics version 4.0. Statistical Graphics Corporation*. Rockville, Maryland, U.S.A.

Greenberg, R. 1993. *Uniendo las américas: Aves Migratorias en Costa Rica y Panamá*. Smithsonian Migratory Bird Center. Washington, D.C.

Greenberg, R. 1996. "Birds in the Tropics: The Coffee Connection", en: *Birding*. December.

Greenberg, R., R. Reitsma and A. Cruz. 1996. "Inerspecific aggression by yellow warblers in a sun coffee plantations", en: *The Condor*- 98.

Greenberg, R., P. Bichier, A. Cruz and R. Reitsma. 1997. "Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala", en: *Conservation Biology* 11(2).

Harmer, C. 1997. *Análisis de sostenibilidad de la industria del café en Costa Rica*. INCAE. Costa Rica.

Hilje, B., C. Naranjo and M. Samper. 1995. "Entonces ya vinieron otras variedades, otros sistemas...": testimonios sobre la caficultura en el Valle Central de Costa Rica. ICAFE-UNA. Costa Rica.

Karr, J. 1980. "Geographical variation in the avifaunas of tropical forest undergrowth", en: *Auk* 97.

Karr, J., S. Robinson, J. Blake and R. Bierregaard, Jr. (1990). "Birds of four Neotropical forest", en: A. H. Gentry (ed.). 1990. *Four Neotropical Rainforest*. Yale University Press. London.

Keast, A. and E. Morton (eds.). 1980. *Migrant birds in the neotropics: ecology, behavior, distribution; and conservation*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Kricher, J. and W. Davis. (1992). "Patterns of avian species richness in disturbed and undisturbed habitats in Belize", en: Hagan III and Johnston (eds.). 1992. *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Latta, S. and M. Baltz. 1997. "Population limitation in Neotropical migratory birds: Comments on Rappole and McDonald (1994)", en: *Auk* 114(4).

López, H. 1998. *Relación de las características del paisaje con la riqueza y diversidad de aves del interior de fragmentos de bosque neotropical*. (Artículo I). Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica.

MacArthur, R. and J. MacArthur. 1961. "On Bird Species Diversity", en: *Ecology* 42(3).

MacArthur, R. H. and A. T. MacArthur. 1974. "On the use of mist nets for population studies of birds", en: *Nat. Acad. Sci. USA* 71(8).

Moguel, P. y V. Toledo. 1996. *El café en México: ecología, cultura indígena y sustentabilidad*. Centro de Ecología, UNAM. México.

Mora, G. 1999. *Patrón de migración de aves terrestres en la Costa Atlántica de Costa Rica*. (Artículo I). Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica.

Parker III, T. 1994. "Habitat, Behavior and Spring migration of Cerulean Warbler in Belize", en: *American Birds* 48(1).

Patton, P. 1997. *The effect of edge on avian nest success: Is the evidence any stronger?*

The Wildlife Society 4<sup>th</sup> Annual Conference. Colorado, USA.

Perfecto, I., R. Rice, R. Greenberg and M. Van der Voort. 1996. "Shade Coffee: a disappearing refuge for biodiversity", en: *BioScience* 46(8)

Powell, G., J. Rappole and S. Sader. (1992). "Neotropical migrant landbird use of lowland Atlantic habitats in Costa Rica: A test of remote sensing for identification of habitat", en: Hagan III and Johnston (eds.). 1992. *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Petit, D., J. Lynch, R. Hutto, J. Blake and R. Waide. (1993). "Management and Conservation of Migratory Landbird Overwintering in the Neotropics", en: D. M. Finch, D and P. W. Stangel (eds.). 1993. *Status and Management of Neotropical Migratory Birds*. Center YMCA of the Rockies. Colorado, USA.

Pyle, P., S. Howell, R. Yunick and D. DeSante. 1987. *Identification guide of North American passerines*. Slate Creek Press. California, USA.

Ralph, C., G. Geupel, P. Pyle, T. Martin, D. De Sante and B. Milán. 1993. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report*. Pacific Southwest Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. California.

Rangel, L., P. Enríquez and H. Vega. 1993. "Riqueza de especies de aves de sotobosque en la Selva Lacandona, Chiapas, México", en: *Revista de Biología Tropical* 41(2).

Rappole, J., E. Morton, T. Lovejoy and J. Rous. 1993. *Nearctic Avian Migrants in the Neotropics*. Fish and Wildlife Service. U.S. Department of the Interior. Washington, D.C.

Rice, R. and J. Ward. 1997. *El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental*. Centro de aves migratorias. Smithsonian Institution. Washington, D.C.

Robbins, C., B. Bruun and H. Zim. 1983. *A Guide to Field Identification Birds of North America*. Golden Press. New York.

Robbins, C., B. Dowell, D. Dawson, J. Colón, R. Estrada, A. Sutton, R. Sutton and D. Weyer. (1992). "Comparison of Neotropical migrant landbird populations wintering in tropical forest, isolated fragments, and agricultural habitats", en: Hagan III and Johnston (eds.). 1992. *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Rohlf, J. 1985. *BIOM*. State University of New York. USA.

Sauer, J.R. and S. Droege. (1992). "Geographic patterns in population trends of Neotropical migrants in North America", en: Hagan III and Johnston (eds.). 1992. *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Schelhas, J. and R. Greenberg. 1993. *Los fragmentos de bosques en el paisaje tropical y la conservación de las aves migratorias*. Smithsonian Migratory Bird Center. Washington, D.C.



Segura, O. and J. Reynolds. 1993. *Environmental Impact of Coffee. Production And Processing In El Salvador And Costa Rica*. United Nations Conference On Trade And Development. s.l.

Sisk, T. and J. Zook. 1996. "Efecto de la composición del paisaje sobre uso del hábitat por el zorzal de swainson (*Catharus ustulatus: Turdidae*) en migración por Costa Rica", en: *Vida Silvestre Neotropical* 5(2).

Sokal, R. and J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman & Co. New York.

Statistical Graphics Corp. 1994. *Statgraphics Plus for Windows 1.11. Statistical Graphics Corporation*. Rockville, Maryland, USA.

Stiles, G. 1990. "La avifauna de la Universidad de Costa Rica y sus alrededores a través de veinte años (1968 - 1989)", en: *Rev. Biol. Trop* 38(2).

Stiles, G. and A. Skutch. 1995. *Guía de aves de Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.

Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III and D. K. Moskovits. 1996. *Neotropical Birds Ecology and Conservation*. The University of Chicago Press. USA.

Terborgh, J.W. 1989. *Where have all birds gone?* Princeton University Press. New Jersey.

Vannini, J. 1994. "Nearctic avian migrants in coffee plantations and forest fragments of south-western Guatemala", en: *Bird Conservation International* 4.

Wallace, G., H. González, M. McNicholl, D. Rodríguez and E. Wallace. 1996. "A winter surveys of forest - dwelling neotropical and resident birds in three regions of Cuba", en: *The Condor* 98.

Walpole, R. 1974. *Introduction to Statistics*. Macmillan Publishing Co. USA.

Wille, C. 1994. "The Birds and the Beans", en: *Audubon* Nov-Dec.

Wille, C. 1995. "Por qué las aves migratorias necesitan el café", en: *Abecafe* Setiembre (El Salvador)

Wunderle, J. and R. Waide. 1993. "Distribution of overwintering nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles", en: *The Condor* 95.

Wunderle, J. and S. Latta. 1996. "Avian abundance in sun and shade coffee plantations and remnant pine forest in the Cordillera Central, Dominican Republic", en: *Ornitología Neotropical* 7.

Wunderle, J. and S. Latta. 1998. "Avian resource use in Dominican shade coffee plantations", en: *Wilson Bulletin* 110(2).

Zar, J. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. USA.

## Comunicaciones personales:

Hernández, D. 1996. Costa Rica.

## Agradecimientos

Al Programa Regional de Manejo de Vida Silvestre de la Universidad Nacional, a U.S. Fish and Wildlife Service, a Fundación de Vida Silvestre de Estados Unidos, a Conicit, a Idea Wild, a Management Birder Exchange, a los propietarios, administradores y trabajadores de las fincas cafetaleras estudiadas, a los ejecutores de otras investigaciones que brindaron apoyo en el campo: Daniel Hernández (†), Heydi Herrera, Jim Zook, Mario Camacho y -muy especialmente- Geisel Mora, y a quienes corrigieron los manuscritos: Joel Sáenz, Michael McCoy y Gerardo Jiménez.