



Composición de aves asociada a fincas de cacao orgánico en Región Huetar Norte, Costa Rica

Composition of birds associated with organic cacao farms, Huetar Norte Region, Costa Rica

Composição de aves associadas a fazendas de cacau orgânico na Região Huetar Norte, Costa Rica

Vanessa Carvajal Alfaro^{1*}, Paul E. Oviedo²

Received: Jan/28/2021 • Accepted: Nov/27/2023 • Published: Jul/31/2024

Resumen

[Objetivo] El objetivo fue analizar la composición de aves asociadas a cultivos orgánicos de cacao (*Theobroma cacao*) manejado debajo de 3 diferentes tipos de cobertura arbórea. **[Metodología]** Distribuimos 3 puntos de conteo en cada finca, para registrar todas las aves observadas y escuchadas, en muestreos de 5 minutos. Los conteos fueron realizados por triplicado, tanto en las primeras horas de la mañana como al atardecer. La diferencia en la composición de la avifauna entre las fincas fue analizada con la prueba ANOSIM. Las abundancias se transformaron por medio de la función decostand y el método Hellinger del paquete estadístico R-Vegan. La agrupación de las especies entre las plantaciones se efectuó mediante el escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) y el índice de Bray-Curtis. La contribución de las especies a la disimilitud entre grupos fue analizada con el módulo SIMPER. Consideramos diferencias estadísticamente significativas cuando $P \leq 0,05$. **[Resultados]** Observamos 428 individuos, clasificados en 49 especies y 23 familias. La finca donde las plantas de cacao crecen en condiciones más sombreadas, debido al desarrollo del dosel, mostró mayor cantidad de especies (34) y de individuos (146). La composición de aves varió significativamente entre las fincas ($F_{(1,8)} = 3,22$; $P < 0,02$). La abundancia media de 19 especies (39,6 %) hizo notar diferencias significativas ($P < 0,05$), al comparar la finca con mayor sombra y menor sombra. **[Conclusión]** La composición de aves es más compleja en aquellas fincas de cacao orgánico que conservan un mayor desarrollo estructural de los árboles de dosel y que están cerca de bosque en regeneración.

Palabras clave: aves; cacao; manejo de árboles de sombra; sotobosque.

* Corresponding author

Vanessa Carvajal Alfaro, ✉ vcarvajal@tec.ac.cr;  <https://orcid.org/0000-0003-2166-1716>

Paul E. Oviedo, ✉ poviedop@uned.ac.cr;  <https://orcid.org/0000-0002-6381-9641>

1 Escuela de Ciencias Naturales y Exactas. Tecnológico de Costa Rica, Campus Local San Carlos, Costa Rica.

2 Escuela de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.



Abstract

[Objective] The objective of this investigation was to analyze the composition of birds associated with organic cocoa (*Theobroma cacao*) crops managed under 3 different types of tree cover. **[Methodology]** Three census points were established in each farm to record all birds observed and heard in 5-minute sample periods. Counts were conducted in triplicate, both in the early morning and at dusk. Differences in avifauna composition between farms were analyzed using the ANOSIM test. Abundances were transformed using the Decostand function and the Hellinger method in the R-Vegan statistical package. Analysis of clustering of species among plantations was performed using non-metric multidimensional scaling (nMDS) and the Bray-Curtis index. Contribution of species to the dissimilarity between groups was analyzed with the SIMPER module. Statistically significant differences were considered when $P \leq 0.05$. **[Results]** Four hundred and twenty-eight individuals were observed, and classified into 49 species and 23 families. The farms where cocoa plants grow in shadier conditions due to canopy development showed a higher number of species (34) and individuals (146). Bird composition varied significantly between farms ($F_{(1,8)} = 3.22$; $P < 0.02$). The mean abundance of 19 species (39.6%) showed significant differences ($P < 0.05$) when comparing the farms with the most and least shade. **[Conclusion]** Bird composition is more complex on organic cocoa farms, which have more developed canopies and are near regenerating forests.

Keywords: Birds, cocoa, shade tree management, undergrowth.

Resumo

[Objetivo] O objetivo foi analisar a composição das aves associadas às plantações de cacau orgânico (*Theobroma cacao*) manejadas sob três tipos diferentes de cobertura arbórea. **[Metodologia]** Distribuímos 3 pontos de contagem em cada fazenda, para registrar todas as aves observadas e ouvidas, em amostragens de 5 minutos. As contagens foram realizadas em triplicata, tanto nas primeiras horas da manhã quanto no final da tarde. A diferença na composição da avifauna entre as fazendas foi analisada com o teste ANOSIM. As abundâncias foram transformadas usando a função *decostand* e o método *Hellinger* do pacote estatístico R-Vegan. O agrupamento de espécies entre as plantações foi feito usando o escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) e o índice de Bray-Curtis. A contribuição das espécies para a dissimilaridade entre os grupos foi analisada com o módulo SIMPER. Consideramos as diferenças estatisticamente significativas quando $P \leq 0,05$. **[Resultados]** Observamos 428 indivíduos, classificados em 49 espécies e 23 famílias. A fazenda onde as plantas de cacau crescem em condições mais sombreadas, devido ao desenvolvimento do dossel, apresentou um número maior de espécies (34) e indivíduos (146). A composição das aves variou significativamente entre as fazendas ($F_{(1,8)} = 3,22$; $P < 0,02$). A abundância média de 19 espécies (39,6%) apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) na comparação entre a fazenda mais sombreada e a menos sombreada. **[Conclusão]** A composição das aves é mais complexa nas fazendas de cacau orgânico que mantêm árvores de dossel mais desenvolvidas estruturalmente e estão próximas à floresta em regeneração.

Palavras-chave: aves, cacau, manejo de árvores de sombra, sub-bosque.



Introducción

El cambio en el uso del suelo de bosques continuos a zonas agrícolas conlleva una pérdida de hábitat y un declive en las poblaciones de aves de bosque (Siget, Sherry y Young, 2006). Sin embargo, el disturbio se atenúa en los paisajes agrícolas heterogéneos, principalmente en aquellos donde los cultivos tienen árboles de sombra, fragmentos de bosque y bosques ribereños cercanos (Souza, Ibrahim, Harvey y Jiménez-Otárola, 2000). Aunque la actividad agrícola simplifica la estructura vegetal, los cultivos con sombra aún pueden ofrecer hábitat para una amplia diversidad de aves, incluyendo las de bosque (González y Harvey, 2007). A diferencia de los monocultivos, en la producción agrícola bajo sombra, las plantas con importancia de esta índole crecen junto a una o más especies leñosas y perennes (Jiménez, Muschler y Kopsell, 2001). Estos ecosistemas productivos diversifican las especies vegetales y permiten el desarrollo de un agroecosistema con efectos beneficiosos para los cultivos, debido a que mejoran las condiciones abióticas, se mantiene la fertilidad del suelo, las raíces profundas contribuyen con el reciclaje de nutrientes, hay un mayor aporte de hojarasca y se atrae fauna silvestre que regula las plagas (Gliessman, 2002; Guido, Rodríguez y Sancho, 2008; Corella, 2016).

Theobroma cacao es una especie leñosa de importancia agrícola que puede ser cultivada en un sistema agroforestal, donde los agricultores conservan algunos árboles de dosel, con el propósito de proveer sombra y obtener tanto madera como frutos (Muñoz et al., 2003). La trascendencia de las plantaciones de cacao orgánico bajo sombra para la conservación ha sido poco estudiada en Costa Rica. Sin embargo, trabajos previos

realizados en América Central sugieren que la diversidad de aves dependientes de bosque es más alta en plantaciones de cacao con sombra, comparada con aquellos lugares donde el dosel fue completamente clareado (Estrada y Coates-Estrada, 2005).

A pesar de los beneficios inherentes a la agroforestería, las actividades económicas de la Región Huetar Norte de Costa Rica están basadas en la producción de cultivos permanentes y bajo técnicas agrícolas convencionales (Alvarado, 2003). Los agricultores se inclinan al uso de plaguicidas y al monocultivo, con el fin de maximizar las ganancias y controlar a los patógenos. No obstante, el cacao debe ser producido de manera orgánica y sustentable, para su inserción en el mercado exterior. Por lo tanto, los agricultores de cacao deben ser guiados hacia prácticas socioproductivas más sustentables, debido a que tienen un valor adicional con miras a la conservación de la biodiversidad y un beneficio para la sociedad (Nicholls y Altieri, 2002; Van, Bichier, Ochoa y Greenberg, 2007; Larrea y Benítez, 2008). Este estudio tuvo como objetivo analizar la composición de aves asociadas a cultivos de cacao en 3 sistemas productivos en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Metodología

Área de estudio: La Región Huetar Norte está ubicada en la parte norte de la provincia de Alajuela, Costa Rica. Tiene una extensión de 719 km² y colinda con el sur de Nicaragua. La principal actividad productiva es agropecuaria, seguida por el turismo de aventura y el agrario (Álvarez-Garay, 2017). El clima es tropical húmedo. La temperatura varía de 24 °C a 36 °C y la precipitación media anual es de 3020 mm (Solano y Villalobos, s. f.).



Descripción de los sitios de estudio: Seleccionamos 3 fincas productoras de cacao orgánico que tuvieran diferente grado de cobertura por árboles de sombra. Finca Mecup está localizada en Upala (10°58'49,8" N y 85°08'52,5" W), tiene un área de 2,62 ha, el cacao ha sido plantado aleatoriamente, el sotobosque es compartido con palmeras y banano; mientras que la altura media del dosel es de 16,2 m, está constituido por individuos de 7 especies (*Spondias mombim*, *Ficus mauritiana*, *Cecropia peltata*, *Guarea rhopalocarpa*, *Cordia alliodora*, *Albizia niopoides* y *Handroanthus ochraceus*), provocando que la luminosidad media en el sotobosque sea de 2426 lux. Finca Sibaeli está ubicada en Guatuso (10°44'38,1" N y 84°53'03,5" W), tiene un área de 6,0 ha, de la cual 3 ha están dedicadas al cultivo del cacao y las otras 3 ha corresponden a un fragmento de bosque tropical húmedo en regeneración. En esta segunda finca, los árboles de cacao se encuentran distanciados uniformemente cada 2,5 m, el raleo impide el crecimiento de otro tipo de especies vegetales en el sotobosque; sin embargo, se conservan algunos árboles maderables, principalmente *Cordia alliodora* y *Dipteryx panamensis*, que forman un dosel discontinuo de 20,1 m de altura y condiciones de luminosidad de 2260 lux. La tercera finca es conocida como Productores de Occidente (POC a partir de ahora), se ubica en Aguas Claras (10°49'23,8" N y 85°11'40,8" W), tiene un área de 4 ha destinadas a la plantación de cacao y, a diferencia de Mecup y Sibaeli, la única sombra corresponde a la vegetación ribereña de una quebrada que atraviesa la plantación, por lo que en este sitio la luminosidad media fue de 42 608,7 lux.

Muestreo de aves: Distribuimos 3 puntos de conteo en cada finca. La distancia mínima entre puntos fue de 50 m. El muestreo fue realizado en setiembre del 2020. 2

observadores registraron todos los individuos y las especies de aves vistas y escuchadas en un radio de 25 m, por periodos de 5 minutos en cada punto (Bibby, Burgess y Hill, 1992; Nichols *et al.*, 2000; Van *et al.*, 2007). Las observaciones fueron repetidas 3 veces en los mismos puntos. Recolectamos la información minutos después del amanecer y 2 horas antes de finalizar la tarde. El esfuerzo total de muestreo por finca fue de 60 minutos, distribuidos en 3 días consecutivos en cada una.

Análisis de información: Comparamos la composición específica de la avifauna entre las fincas, mediante la rutina no paramétrica ANOSIM (“*analysis of similarities*”), bajo la hipótesis nula de que no hay diferencia en la composición de especies de aves entre las 3 plantaciones de cacao. ANOSIM permite definir diferencias significativas entre 2 o más grupos y es equivalente a una prueba de ANOVA, donde, en lugar de operar sobre datos sin procesar, rige una matriz de disimilitud clasificada (Clarke, 1993; Lugo, Aguilar, Casotto, Laurentin y Gómez, 2013). Las abundancias fueron transformadas por medio de la función decostand y el método Hellinger del paquete estadístico R-Vegan de R-studio (Oksanen *et al.*, 2013), con el propósito de evitar que las especies más comunes dominaran en el resultado final de la ordenación y para aumentar la influencia de las especies subordinadas en el modelo resultante (Oviedo, 2020). Utilizamos el escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) y el índice de Bray-Curtis (Herrando-Pérez, 2002; Calderón, Galindo y Cedeño, 2008), para crear una representación espacial del agrupamiento de las especies de aves entre las plantaciones, con base en su riqueza y abundancia, a través del paquete estadístico Vegan y ggplot2 (Oksanen, 2015). La



contribución de las especies a la disimilitud entre grupos se analizó con el módulo SIMPER (“similarity profile”). Excluimos de los análisis estadísticos los registros de especies neárticas.

Resultados

Un total de 428 individuos clasificados en 49 especies y 23 familias fueron registrados. La familia mejor representada fue Tyrannidae (8 especies), seguida por Columbidae, Picidae y Thraupidae (4 especies cada una). Las especies más abundantes fueron *Brotogeris jugularis*, *Myiozetetes*

similis, *Leptotila verreauxi* y *Euphonia luteicapilla*. Además, hubo registro de *Tityra semifasciata* y *Pachyramphus polychopterus*; actualmente incluidas en la familia Tityridae. Finca Mecup fue aquella con más riqueza y abundancia de aves (tabla 1).

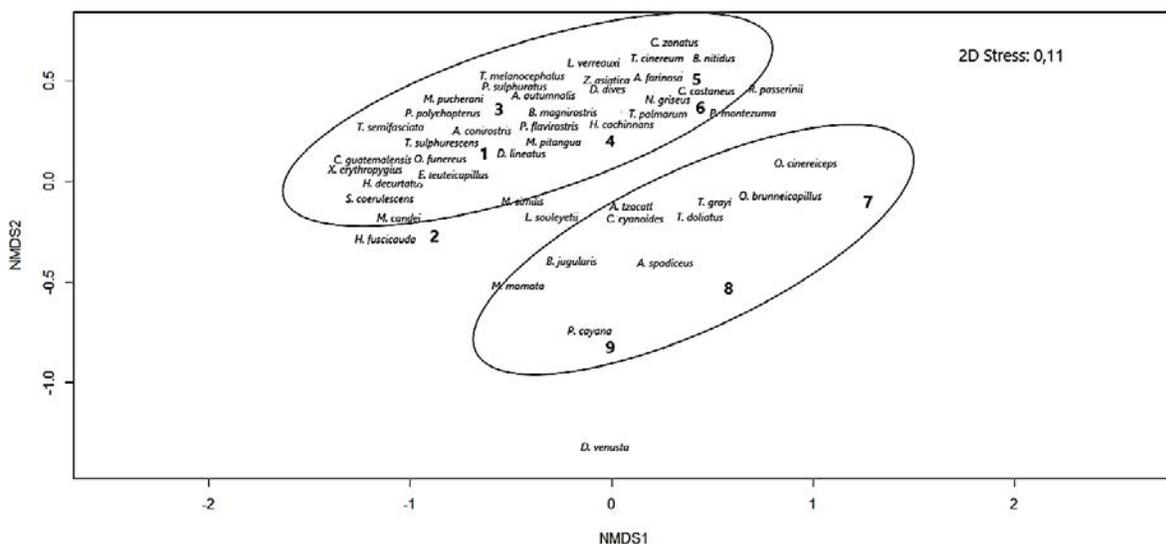
La composición de especies de aves varió significativamente entre las 3 plantaciones ($F_{(1,8)} = 3,22$; $P < 0,02$). El análisis multidimensional no métrico (nMDS) separó en 2 grupos a las especies. Aproximadamente un 71 % de estas se agrupó en los puntos de conteo situados en las plantaciones Mecup y Sibaeli (gráfica 1).

Tabla 1. Riqueza y abundancia total de aves en 3 plantaciones de cacao orgánico, Región Huetar Norte, Costa Rica

Variable	Nombre de la plantación		
	Mecup	Sibaeli	Productores de Occidente
Riqueza	34	32	16
Abundancia	196	184	48

Nota: Fuente propia de la investigación.

Gráfica 1. Disimilitud entre uso de plantaciones de cacao bajo sombra y especies de aves asociadas, mediante análisis multidimensional no métrico (nMDS). Los números corresponden a los puntos de conteo (finca Mecup = 1, 2 y 3; finca Sibaeli = 4, 5 y 6; finca Productores de Occidente = 7, 8 y 9)



Nota: Fuente propia de la investigación.



Los análisis SIMPER mostraron diferencias significativas en la abundancia media del loro verde (*Amazona farinosa*), del trepador manchado (*Xiphorhynchus erythropygius*) y del verdillo menudo (*Hylophilus decurtatus*) entre las plantaciones Mecup y Sibaeli. 19 especies (39,6 %) presentaron diferencias significativas en

la abundancia, al comparar las comunidades de aves entre las plantaciones Mecup y POC. Aproximadamente, un tercio (23 %) de las especies dejó ver diferencias significativas al comparar la abundancia entre las plantaciones Sibaeli y POC. Un 25 % de las 48 especies de aves registradas en este estudio estuvo ausente en la finca POC (tabla 2).

Tabla 2. Contribución de las especies de aves a la disimilitud entre plantaciones de cacao, basada en análisis SIMPER. (1) Mecup, (2) Sibaeli y (3) Productores de Occidente (POC)

Especie	Abundancia media		
	Plantación 1-2	Plantación 1-3	Plantación 2-3
<i>Ortalis cinereiceps</i>	0,019427	0,055558	0,046050
<i>Buteo nitidus</i>	0,007424	0	0,009342
<i>Buteo magnirostris</i>	0,007730	0,004724	0,011004
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0,004466	0	0,005610*
<i>Patagioenas flavirostris</i>	0,011545	0,011856	0,016614*
<i>Zenaida asiatica</i>	0,013013	0,011856	0,028053**
<i>Leptotila verreauxi</i>	0,013932	0,01204	0,021438*
<i>Brotogeris jugularis</i>	0,027446	0,032713*	0,035434
<i>Amazona autumnalis</i>	0,008525	0,022725*	0,033605**
<i>Amazona farinosa</i>	0,039194*	0,007319	0,057832**
<i>Piaya cayana</i>	0,006317	0,011328	0,014360
<i>Nyctibius griseus</i>	0,013798	0	0,017345**
<i>Amazilia tzacatl</i>	0,012747	0,020917	0,016754
<i>Trogon melanocephalus</i>	0,010569	0,010350	0,007628
<i>Momotus momota</i>	0,007981	0,015041	0,011371
<i>Melanerpes pucherani</i>	0,011019	0,013688**	0
<i>Celeus castaneus</i>	0,010528	0	0,013238**
<i>Campephilus guatemalensis</i>	0,005416	0,006681*	0
<i>Dryocopus lineatus</i>	0,003830	0,004724*	0
<i>Synallaxis brachyura</i>	0,016208	0,026370***	0,005610
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	0,005917	0,031915	0,032970
<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	0,021993*	0,028015***	0
<i>Thamnophilus doliatus</i>	0,014889	0	0,018721**
<i>Ornithion brunneicapillus</i>	0,034563	0,065346***	0,021662
<i>Tolmomyias sulphureus</i>	0,005416	0,006681*	0
<i>Todirostrum cinereum</i>	0,011505	0	0,014874**
<i>Attila spadiceus</i>	0,010784	0,019579	0,014788
<i>Megarhynchus pitangua</i>	0,013823	0,017146**	0
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0,009555	0,011856	0,007628
<i>Myiozetetes similis</i>	0,011056	0,037951	0,033412
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0,018663	0,023144**	0
<i>Tityra semifasciata</i>	0,009700	0,012043**	0
<i>Manacus candei</i>	0,012000	0,015593**	0
<i>Hylophilus decurtatus</i>	0,017871*	0,022912***	0



Especie	Abundancia media		
	Plantación 1-2	Plantación 1-3	Plantación 2-3
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	0,024576	0	0,031738**
<i>Turdus grayi</i>	0,014889	0,014735	0,021608
<i>Coereba flaveola</i>	0,017002	0,014735	0,022572
<i>Habia fuscicauda</i>	0,021757	0,028418**	0
<i>Ramphocelus passerinii</i>	0	0,016020	0,016081
<i>Thraupis palmarum</i>	0,017002	0	0,021370**
<i>Dacnis venusta</i>	0	0,011328	0,011371
<i>Oryzoborus funereus</i>	0,014990	0,024868***	0,005610
<i>Arremonops conirostris</i>	0,010271	0,014000*	0,005610
<i>Saltator coerulescens</i>	0,003830	0,004724*	0
<i>Cyanocompsa cyanooides</i>	0,010485	0,019815	0,017677
<i>Dives dives</i>	0,021110	0,014638	0,031822
<i>Psarocolius montezuma</i>	0,017400	0,031054	0,031768
<i>Euphonia luteicapilla</i>	0,035177	0,056780***	0,011221

*La significancia de la comparación de la abundancia media corresponde a * = $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Nota: Fuente propia de la investigación.

Discusión y conclusiones

La producción de cacao libre de plaguicidas bajo sombra es una actividad que provee hábitat para una considerable diversidad de aves, principalmente en un paisaje con una matriz dominada por potreros y agricultura convencional. El crecimiento de árboles dentro de una plantación de cacao aumenta la heterogeneidad del hábitat y ofrece diferentes nichos para ser ocupados por más cantidad de especies de aves, en comparación con los cultivos sin sombra. Sin embargo, nuestras observaciones indican que la avifauna asociada al cacao con sombra está formada primordialmente por especies propias de hábitats alterados; por ejemplo: *L. verreauxi*, *M. pucherani*, *P. sulphuratus*, *M. similis* y *D. dives*. Por el contrario, pocas de las especies observadas son dependientes de bosques secundarios viejos (*T. melanocephalus*, *C. castaneus* y *C. guatemalensis*). Asimismo, vimos pocas especies de sotobosque, similar a lo documentado en estudios previos en agroecosistemas bajo sombra (González y Harvey, 2007; Van et al.,

2007). La mayor complejidad en la composición de aves observada, más que todo en finca Mecup, puede ser atribuida a la distribución desordenada de las plantas de cacao, un manejo del dosel menos intenso y al crecimiento de arbustos, palmeras y musoides. La matriz del paisaje en la que la plantación de cacao bajo sombra existe es otro factor que podría estar relacionado con la composición de aves. La distancia entre un fragmento de bosque y el sistema agroforestal influye en la diversidad de aves dependientes de bosque (Faria, Lapps, Baumgarten y Cetra, 2006). Por consiguiente, la protección de remanentes de bosque o áreas destinadas a la regeneración de este dentro de las fincas es una estrategia fundamental para la conservación de la avifauna.

Nuestros resultados también sugieren que, en la Región Huetar Norte de Costa Rica, el cultivo de cacao crece en diferentes condiciones de sombra. Debido a que en la finca POC el cacao está prosperando con sombra esparcida o completamente sin sombra, la riqueza y la abundancia de aves es menor. Por consiguiente, las fincas de cacao interesadas



en la conservación de la avifauna es preciso que eviten cortar la capa vegetal del sotobosque y que diversifiquen las especies de árboles de sombra, lo cual aumentaría la diversidad de aves. No obstante, este manejo de la vegetación requiere el conocimiento técnico y científico tanto agrario como forestal, para encontrar un equilibrio entre el espacio para el reclutamiento de plantas de interés no comercial y la cantidad de plantas de cacao suficiente que asegure la rentabilidad en la producción.

Conclusión

El cacao es un cultivo ideal para la formación de un agroecosistema. La composición de aves es más compleja en aquellas fincas de cacao orgánico que conservan un mayor desarrollo estructural con árboles de dosel y que están cerca de fragmentos de bosque en regeneración. Sin embargo, lograr que los agricultores se inclinen hacia una producción más ecológica y económicamente sostenible requiere que los interesados en este cultivo reconozcan el valor de los agroecosistemas para la conservación de la biodiversidad.

Financiamiento

Vicerrectoría de Investigación y Extensión - TEC.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

Declaración de la contribución de los autores

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo.

El porcentaje total de contribución para conceptualizarlo, prepararlo y corregirlo fue el siguiente: V. C. A. 50 %, P. O. P 50 %.

Declaración de disponibilidad de los datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio serán puestos a disposición por el autor correspondiente [PO], previa solicitud razonable.

Referencias

- Alvarado, R. (2003). *Regiones y cantones de Costa Rica*. Costa Rica: San José. <https://ccp.ucr.ac.cr/bvp/pdf/proye/regiones-cantones.pdf>
- Álvarez-Garay, B. (2017). Métodos de registros en fincas agropecuarias en la Región Huetar Norte de Costa Rica. XVI Conferencia de Sistemas de Información Geográfica, 301-308.
- Bibby, C. J., Burguess, N. D. y Hill, D. A. (1992). *Bird Census Techniques*. San Diego, CA: Academic Press Inc.
- Calderón, R., Galindo, C. y Cedeño, J. R. (2008). Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(1), 95-114.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecology*, 18(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Corella, M. F. (2016). Agroforestería y biodiversidad: la importancia de los sistemas agroforestales en la conservación de las especies. *Biocenosis*, 30(1-2), 59-62.
- Estrada, A. y Coates-Estrada, R. (2005). Diversity of Neotropical migratory landbird species assemblages in forest fragments and man-made vegetation in Los Tuxtlas, México. *Biodiversity Conservation*, 14, 1719-173. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-0696-x>
- Faria, D., Lapps, R. R., Baumgarten, J. y Cetra, M. (2006). Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity Conservation*, 15, 587-612. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2089-1>



- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- González, J. y Harvey, C. A. (2007). Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2257-2292. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9194-2>
- Guido, I., Rodríguez, C. y Sancho, J. (2008). Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. *Revista Pensamiento Actual*, 8(10-11), 68-75.
- Herrando-Pérez, S. (2002). *Manual de ecología matemática: Un enfoque práctico al análisis multivariado (PCA, Cluster y MDS) para detectar patrones en ecología*. Quintana Roo, México: ECOSUR-Chetumal.
- Jiménez, F., Muschler, R. y Kopsell, E. (2001). *Funciones y aplicaciones de los sistemas Agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Muñoz, D., Harvey, C. A., Sinclair, F. L., Mora, J. e Ibrahim, M. (2003). Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistema de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 61-68.
- Nicholls, C. y Altieri, M. (2002). *Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) n.º 65, 50-64.
- Nichols, J. D., Hines, J. E., Sauer, J. R., Fallon, J. E. y Heglud, P. J. (2000). A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. *Auk*, 117, 393-408. <https://doi.org/10.1093/auk/117.2.393>
- Larrea, M. y Benítez, A. C. (2008). *El cultivo de Cacao Nacional: un bosque generoso. Manual de campo para la implementación de prácticas amigables con la biodiversidad en cultivos de Cacao Nacional*. Quito, Ecuador: EcoCiencia / CORPEI / UNCTAD.
- Lugo, D. A., Aguilar, V. H., Casotto, M., Laurentin, A. y Gómez, A. (2013). Aplicabilidad de estadística multivariada para estudios nutricionales: bioensayos con el gorgojo de arroz (*Sitophilus oryzae* L). *ALAN*, 63(3), 232-239.
- Oksanen, J. (2015). *Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial*. <https://www.mooreecology.com/uploads/2/4/2/1/24213970/vegantutor.pdf>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Michin, P. R., O'Hara, R. B., ... Wagner, E. (2013). Community Ecology Package (Packagevegan).
- Oviedo, P. E. (2020). Uso de hábitats alterados por aves insectívoras de sotobosque en un gradiente ambiental y su potencial para la conservación en Nicoya, Costa Rica. *Research Journal*, 12(1), <https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2803>
- Siget, B. J., Sherry, T. W. y Young, B. E. (2006). Avian community response to lowland tropical rainforest isolation: 40 years of change at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Conservation Biology*, 20, 111-121. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00293.x>
- Solano, J. y Villalobos, R. (s. f.). *Regionalización climática de Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional.
- Souza, H. M., Ibrahim, M., Harvey, C. A. y Jiménez-Otárola, F. (2000). Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7(26), 53-56.
- Van Bael, S., Bichier, P., Ochoa, I. y Greenberg, R. (2007). Bird diversity in cacao farms and forest fragments of western Panama. *Biodiversity Conservation*, 16, 2245-2256. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9193-3>



Composición de aves asociada a fincas de cacao orgánico en Región Huetar Norte, Costa Rica (Vanessa Carvajal Alfaro • Paul E. Oviedo) *Uniciencia* is protected by [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-NC-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)