

Morphometric Variation in the Assembly of Passerine Birds Present in Two Zones of Tropical Forest with Different Degrees of Disturbance

Carolina Revelo Hernández
Universidad del Valle

Juan Felipe Castro Ospina
Universidad del Valle

Juan José Gallego Zerrato
Universidad del Valle

Oscar E. Murillo García
Universidad del Valle

Received: March 2, 2016

Accepted: July 26, 2016

Pag. 125-137

Abstract

The association between morphology and habitat has been demonstrated in many studies of functional morphology; therefore, changes in habitat level may be reflected in morphological attributes of the communities. This study evaluated whether there are differences in morphological characteristics of passerine birds between two zones with different degrees of disturbance for which catches were made with mist nets and morphometric characters of individuals captured were recorded. It was found that there are differences in morphology between areas and these are mainly due to the relationship between tarsus length, wings and tail with the total length. From these relationships, two basic morphologies were established. Forest birds have short wings, long tail and long tarsus, while birds of the perturbed area have long wings, short tail and short tarsus. However, we found birds with intermediate morphologies in both areas. Therefore, intervened habitats change not only the composition of species but also the morphological characteristics of Passeriformes assemblies probably due to a biotic homogenization process.

Keywords: morphology, adaptation, habitat, disturbance, Passeriformes assembly.

Variación morfométrica en el ensamblaje de aves passeriformes presentes en dos zonas de bosque tropical con diferente grado de perturbación

Resumen

La asociación entre la morfología y el hábitat ha sido demostrada en muchos estudios de morfología funcional, por lo cual cambios a nivel de hábitat pueden ser reflejados en los atributos morfológicos de las comunidades. El presente estudio evaluó si existen diferencias en las características morfológicas del ensamblaje de aves passeriformes entre dos zonas con diferente grado de perturbación; para lo cual, se realizaron capturas con redes de niebla y se registraron características morfométricas de los individuos capturados. Se encontró que existe una tendencia hacia la diferenciación morfológica de las aves passeriformes entre las zonas y que estas se deben principalmente a las relaciones entre las longitudes de los tarsos, las alas y la cola con la longitud total. A partir de estas relaciones, se establecieron dos morfologías básicas: las aves de bosque tienen alas cortas, tarsos y cola larga; mientras que las aves de la zona intervenida presentan alas largas, tarsos y cola corta. Sin embargo, se encontraron aves con morfologías intermedias en ambas zonas. Por lo tanto, los resultados

sugieren que los hábitats intervenidos cambian no solo la composición de especies sino también las características morfológicas de los ensamblajes de Passeriformes debido, probablemente, a un proceso de homogenización biótica.

Palabras clave: morfología, adaptación, hábitat, perturbación, ensamblaje de Passeriformes.

1 Introducción

Los hábitats presentan considerable variación espacial y temporal, por lo cual los organismos se ven obligados a adaptarse a estas variaciones. La asociación entre la morfología y el hábitat ha sido reportada en estudios de morfología funcional de especies individuales o de pequeños grupos de especies [1, 2]. Particularmente, los estudios de la covariación entre aspectos de la ecología y la morfología han revelado fuertes correlaciones entre la posición de las especies en el espacio morfológico y ecológico en una amplia gama de comunidades [3, 4]. Sin embargo, en otros casos se ha encontrado poca correlación entre la morfología y por ejemplo, la dieta de un grupo de aves en una estepa arbustiva [5].

Aunque estos estudios contribuyen al entendimiento de la relación entre la morfología y ecología, en algunos casos la aplicación de técnicas de análisis multivariado han sido cuestionadas [6]. Consecuentemente, los análisis producidos son difíciles de interpretar y algunas conclusiones son difíciles de validar [6]; por lo cual, se requiere realizar más investigaciones de este tipo en diversos hábitats y basados en diversos grupos de organismos.

Desde una perspectiva evolutiva, la escogencia de hábitat debería tener una relación con la morfología aviar [7]. Algunos trabajos sugieren que diferencias en el hábitat, relacionadas con la estructura de la vegetación, pueden influenciar el comportamiento de forrajeo, el desplazamiento y la movilidad y, por lo tanto, características morfológicas como forma, tamaño del pico, longitud de alas y tarsos podrían presentar variaciones, aun en especies similares y entre poblaciones de la misma especie [8, 9, 10].

Diferentes características de las especies de aves pueden ser relacionadas directa o indirectamente con aspectos de la ecología de éstas. La morfología de las alas y tarsos, en particular, está relacionada con aspectos de la movilidad en general [11], pero también con la utilización del hábitat [12].

Por otra parte, la longitud y forma del pico tiene importantes implicaciones en el comportamiento de forrajeo [13, 14], selección de micro-hábitat [15] y dieta [14, 15].

Consecuentemente, la forma del pico ha estado cercanamente relacionada con los nichos ecológicos para muchas especies, tanto, que las diferencias entre especies en términos de forma de pico se hipotetiza que son el resultado de la competencia interespecífica por fuentes de alimento [17]. Debido a la estrecha relación entre la morfología y las características de los hábitats, las alteraciones del hábitat tienen el potencial para cambiar las características morfológicas de los ensamblajes.

Los cambios ambientales se producen naturalmente en respuesta a procesos geofísicos, geomorfológicos, atmosféricos, ecológicos y evolutivos, pero no hay duda de que el impacto humano sobre el ambiente natural se ha incrementado significativamente [18]. Cambios regionales y globales que han ocurrido en la biosfera se han modificado o acentuado a través de las actividades humanas [19, 20]. Estas perturbaciones pueden ser de bajo nivel, crónicas o agudas. Las de bajo nivel tienen probablemente poco efecto sobre la distribución y actividad de las aves. Las crónicas, como por ejemplo algunas formas de contaminación y cambios en el uso de la tierra, pueden disminuir la actividad y abundancia de las aves.

Finalmente, las perturbaciones agudas tienden a excluir ciertas especies de aves de dichas áreas. La forma en la cual las aves responden a los cambios ambientales, como individuos, poblaciones o comunidades, depende de la extensión a la cual ellas pueden tolerar o adaptarse al estrés o a la perturbación (resiliencia) o a la extensión a la cual una población o comunidad que ha sido perturbada, puede retornar a su estado original (elasticidad). Por lo tanto, estas características reflejan la susceptibilidad de una población, especie o comunidad; lo cual puede ser definido como la extensión a la cual las aves son sensibles a la perturbación junto con la habilidad inherente para soportar y recuperarse de dicha perturbación. Debido a la importancia de la asociación entre morfología y hábitat, el objetivo de este trabajo es evaluar si existe diferencia en la morfología de las aves presentes entre dos zonas con diferente nivel de perturbación en un bosque seco tropical. Lo anterior es importante pues un cambio en las características morfológicas puede afectar la diversidad funcional de los ensamblajes de aves y, por tanto, afectar la estabilidad de los ecosistemas. Esto es particularmente importante en un ecosistema como el bosque seco tropical, el cual se encuentra altamente amenazado en el país, debido a que sus suelos son relativamente fértiles, por lo cual han sido altamente intervenidos para la producción agrícola, ganadera y minera, principalmente [21].

2 Materiales y métodos

2.1 Sitio de estudio

El estudio se realizó del 9 al 13 de Octubre del año 2014 en la hacienda la Española (5°22' 93,2" N 74°47' 30,2"W), corregimiento de Guarinocito (municipio La Victoria, Caldas), la cual se encuentra en el ecosistema correspondiente al bosque seco tropical. Gran parte del área ha sido intervenida con ganadería y actualmente se encuentra en un proceso de sucesión con áreas en diferentes grados de recuperación. En el presente estudio se consideraron una zona de bosque secundario y una zona silvopastoril, la cual es más intervenida debido a la minería industrial.

2.2 Métodos

En las dos zonas con diferente grado de intervención (bosque secundario y zona silvopastoril), se realizaron capturas de aves con redes de niebla. Las redes fueron activadas durante todo el día (15 horas) a partir de las cuatro de la mañana y se cerraron a las siete de la noche. Se separaron a una distancia mínima de 500 m con el fin de garantizar la independencia de cada una de éstas.

Las aves capturadas se identificaron hasta el nivel de especie, con ayuda de la Guía de las aves de Colombia [22] y la Guía de Campo de las Aves de Colombia [23]. En el muestreo sólo se consideraron individuos adultos, clasificados por medio de la coloración, pertenecientes al orden Passeriformes. Todos los especímenes fueron medidos con un calibrador análogo, registrando: (a) largo, ancho y alto del pico, (b) la longitud del tarso, (c) longitud de la cola, (d) longitud del ala plana y la longitud total del individuo. Después de la medición, todos los individuos fueron liberados en el mismo sitio de captura.

2.3 Análisis de datos

Para comprobar de que los datos se ajustan a una distribución normal se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, para determinar si existen diferencias en la morfología entre las aves capturadas en las dos zonas, se realizó un análisis discriminante, utilizando todas las variables morfométricas registradas para los individuos capturados y tomando de forma conjunta machos y hembras debido al bajo número de capturas. Este análisis, además, permite identificar las variables relevantes en la maximización de la diferencia entre grupos, lo cual permite establecer cuáles son las medidas que más difieren entre las aves de las dos zonas. Además, se encuentran la función matemática y las funciones canónicas que mejor brindan separación entre hábitats. Adicionalmente, se realizaron validaciones cruzadas con el fin de evaluar la relación entre las clasificaciones *a priori* y *a posteriori*. Los análisis se realizaron utilizando lenguaje de programación R versión 3.2.2 [24].

3 Resultados y discusión

Se capturó en total 40 individuos, con un esfuerzo de muestreo 30 horas/metro/red. Los ejemplares pertenecieron a 9 familias, 27 géneros y 28 especies. De las familias reportadas las más representativas fueron *Tyrannidae* (10 géneros y 14 especies) y la familia *Thraupidae* (6 géneros y 7 especies), mientras que para las otras familias (*Pipridae*, *Fringillidae*, *Cotingidae* y *Furnaridae*) sólo se registró una especie (Tabla 1). Se capturaron 21 individuos en el área de bosque y 19 individuos en la zona silvopastoril, pertenecientes a 17 y 13 especies respectivamente. Además, se compartieron dos especies: *Catharus ustulatus* y *Elaenia flavogaster*.

Se obtuvieron medidas de longitud total en la zona de bosque que van desde 8,2 cm (*Todirostrum cinereum*) hasta 21 cm (*Xiphorhynchus guttatus*) con un promedio de 13,46 cm; mientras en la zona silvopastoril, la longitud total va desde 9,1 cm (*Atalotricus pilaris*) hasta 22,2 cm (*Turdus ignobilis*) con un promedio de 14,27 cm (Anexo 1).

Tabla 1. Lista de especies y número de individuos capturados en las dos zonas. Municipio la Victoria, Caldas.

Familia	Especie	Bosque	Silvopastoril
<i>Tyranidae</i>	<i>Poecilatriccus sylvia</i>	1	
	<i>Todirostrum cinereum</i>	1	
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	
	<i>Elaenia flavogaster</i>	4	1
	<i>Phaeomyias murina</i>	3	
	<i>Camptostoma obsoletum</i>	1	
	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>		1
	<i>Atalotricus pilaris</i>		1
	<i>Myonectes oleaginea</i>		1
	<i>Myonectes olivaceus</i>		1
	<i>Contopus virens</i>	1	
<i>Thraupidae</i>	<i>Eucometis penicillata</i>	1	
	<i>Thraupis episcopus</i>	1	
	<i>Volatinia jacarina</i>		1
	<i>Oryzoborus crassirostris</i>		1
	<i>Oryzoborus angolensis</i>		1
	<i>Thraupis palmarum</i>		1
	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>		1
	<i>Turdus ignobilis</i>		1
<i>Turdidae</i>	<i>Catharus ustulatus</i>	1	5
<i>Furnaridae</i>	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	1	
	<i>Automolus ochrolaemis</i>	1	
<i>Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus nigriceps</i>	1	
	<i>Myrmotherula fulviventeris</i>	3	
<i>Vireonidae</i>	<i>Vireo olivaceus</i>		2
<i>Cotingidae</i>	<i>Lipaugus unirufus</i>	1	
<i>Pipridae</i>	<i>Manacus manacus</i>	1	

El análisis discriminante arroja una sola función discriminante. De acuerdo con estos resultados, las variables morfológicas que tienen mayor peso para la discriminación morfológica entre los ensamblajes de aves de las dos zonas estudiadas (bosque e intervenida), son aquellas que relacionan el largo del ala, el largo del tarso y el largo de la cola con la longitud total del individuo (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes de los factores para el análisis discriminante de las medidas morfométricas de los ensamblajes de aves de dos zonas con diferente grado de perturbación en un bosque seco tropical. Municipio La Victoria, Caldas

Variablen	Coeficientes
Long. Tarso	4,5513
Long. Cola	-2,03932
Long. Ala	-0,9995
Long. Pico	-2,3716
Ancho pico	3,3155
Altura pico	-3,2713
Long. Total	0,7119
Long. Tarsos/Long. Total	-68,1689
Long. Cola/ Long. Total	-30,6181
Long. Ala/ Long. Total	39,6206
Long. Pico/Long. Total	8,7196
Long. Ala/Long. Cola	-11,0652

Sobre el eje que representa la función discriminante obtenida en el análisis, se observa que hay una tendencia hacia la diferenciación morfológica entre las especies de la zona boscosa y la zona intervenida (Figura 1). De acuerdo con las variables más importantes para la discriminación entre los dos grupos se encontró que las aves en la zona de bosque presentan una tendencia a tener alas cortas, cola larga y tarso largo con relación a la longitud total del individuo. En contraste, en la zona de silvopastoril las aves tienden a presentar alas largas, cola y los tarsos cortos con relación a la longitud total del individuo. Adicionalmente se observa que existe una mayor variación en la morfología en el ensamblaje de la zona de bosque en comparación con la variación que se presenta en la zona intervenida.

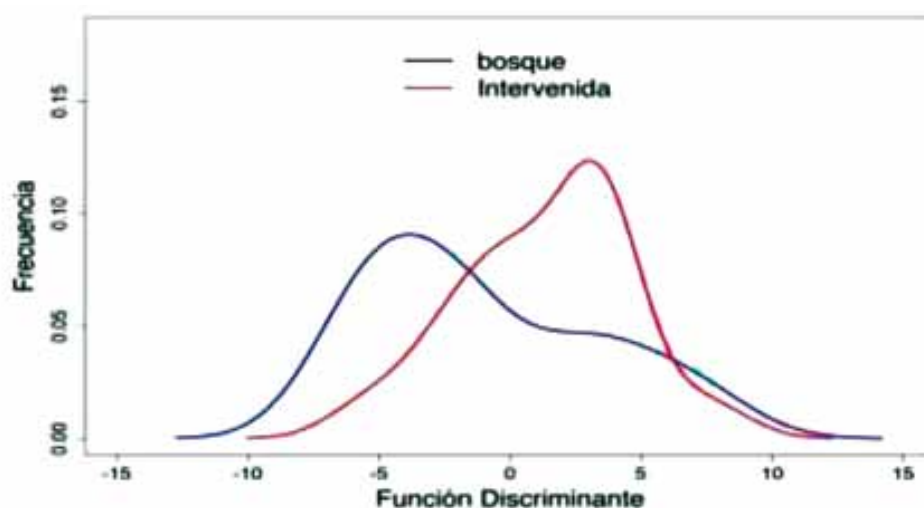


Figura 1. Distribución de los coeficientes para la función discriminante para los ensamblajes de aves de bosque secundario y zona intervenida. La gráfica muestra las diferencias en la morfología de las aves entre las dos zonas de estudio.

Los resultados de la validación cruzada muestran que el 71,4 % de las aves capturadas en el bosque presentan una morfología característica de esta zona, mientras que en la zona intervenida un 57,9 % de los individuos presentan una morfología característica de esta zona. Adicionalmente, un 28,6 % de las especies en la zona de bosque y un 42,1 % de las especies en la zona intervenida, presentan una morfología que es más característica de la otra zona que de la propia.

La habilidad de cualquier organismo para usar su ambiente depende enormemente de su capacidad para detectar y obtener recursos [25], además de su habilidad para maniobrar a través del hábitat [26]; lo cual está influenciado por la morfología de alas y cola [27, 28, 29].

De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que en la zona de bosque existe una tendencia de las aves a presentar alas cortas, cola y tarsos largos, mientras en la zona silvopastoril presentan alas largas, cola y tarsos cortos. Este patrón en la morfología concuerda con lo reportado para las aves Passeriformes y no Passeriformes [30], en donde se determinó que las aves que viven en ambientes abiertos o con poca densidad vegetal, tales como los sistemas silvopastoriles, tienen alas más grandes que les permite una mayor maniobrabilidad en el vuelo [31]. Por el contrario, la morfología en la zona de bosque es similar a aves de vuelo corto que tienen alas cortas y anchas, las cuales están relacionadas a espacios cerrados con vegetaciones densas donde puedan tener disponibilidad rápida de alimento, debido a la gran maniobrabilidad que poseen por sus alas cortas y colas largas [32, 33, 34].

Respecto a la longitud del tarso se ha demostrado que esta variable morfológica es un reflejo de la variabilidad ecológica en las técnicas de caza, dieta y uso de distintos hábitats y micro-hábitats en las aves [35]. Algunos estudios han mostrado que ésta es relativamente menor en la mayoría de las aves que se alimentan en zonas boscosas que en las que se alimentan en el suelo de áreas abiertas o utilizan perchas rígidas [36]. Sin embargo, esto no concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual se incluyó el ensamblaje de Passeriformes, que incluye una mayor variación ecológica y más posibilidades de segregación de recursos que se pueden ver reflejados en una mayor variación morfológica de la que se presenta dentro de un gremio particular. Adicionalmente, se trató de relacionar la morfología a las características generales del hábitat, mientras los otros estudios han relacionado aspectos como sustrato de forrajeo y comportamiento a sus morfologías [37]. Por lo tanto, las diferencias entre este estudio y los previos pueden estar relacionadas a las diferencias en la escala de observación. Aunque en el presente estudio se evidenciaron diferencias morfológicas entre las aves de las dos zonas, la morfología de un ave probablemente representa un conjunto de características fenotípicas que facilitan el uso del ambiente a una escala más fina [38]; por lo cual, existen diferencias en la ecología de las especies que comparten un hábitat común; por ejemplo, en el modo de forrajeo. En este caso, la longitud de los tarsos puede estar más relacionada con las características del forrajeo que con las capacidades de movimiento dentro de los hábitats, lo cual puede desligar nuestros resultados de lo que se esperaba con respecto a la longitud de los tarsos.

Las condiciones que ofrecen los sistemas silvopastoriles, como sembrados en áreas abiertas, árboles remanentes y pastizales, que proveen estructura, hábitat y recursos permiten que especies silvestres vivan dentro de ellos y transiten por las áreas productivas [39, 40]. Los

árboles remanentes dentro de estas áreas pueden aumentar la conectividad del paisaje desde la perspectiva de algunas especies, sirviendo como corredores que permiten el movimiento entre parches de bosque. Por estas características, los sistemas silvopastoriles pueden actuar como áreas de amortiguamiento ecológico alrededor de fragmentos de bosque [41]. Por otra parte, el grado de intervención de las zonas puede ser un factor determinante para la variación en la morfología registrada en las zonas de estudio, ya que como se ha planteado, la intervención de una zona genera una perturbación que ejerce numerosos efectos sobre la morfología no sólo de las especies que allí habitan, sino también de aquellos individuos que requieren áreas grandes de hábitat continuo (corredores biológicos) [41, 42]. Los resultados sugieren que en cada zona hay una mezcla de especialistas de hábitats las cuales tienen una morfología adaptada para las estructuras de estos hábitats y especies con morfologías adaptadas al otro hábitat. Probablemente el amplio grado de traslape de las morfologías se deba a que varias especies comparten los dos hábitats, lo cual puede ser una causa de la homogenización de la biota debido al alto grado de perturbación que históricamente se ha generado en el área.

Agradecimientos

A Mario F. Velasco por permitir el ingreso a la Hacienda La Española. a Katherine Pérez por su ayuda en campo. Este trabajo se realizó con autorización de la Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas, siendo financiado el desplazamiento a la zona de estudio por el Departamento de Biología de la Universidad del Valle, en el marco de la práctica docente del curso de Laboratorio de Ecología del Programa Académico de Biología.

Anexo 1. Mediciones de las variables morfométricas tomadas en este estudio. Para las especies con más de un individuo se presenta: el promedio $\pm$ la desviación estándar (número de individuos).

Familia	Especie	Long. Tarsos	Long. Cola	Long. Ala	Long. Pico	Ancho pico	Altura pico	Long. Total
<i>Bosque secundarios</i>								
<i>Cotingidae</i>	<i>Lipaugus unirufus</i>	2,5	8,7	12,9	1,5	1	0,8	22,7
<i>Furnaridae</i>	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	2,3	7,1	9,3	2,75	0,6	0,6	21
	<i>Automolus ochrolaemis</i>	1,9	6,2	6,1	2	0,5	0,7	17
<i>Pipridae</i>	<i>Manacus manacus</i>	1,8	2,1		0,8	0,6	0,3	9,9
<i>Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula fulviventeris</i>	1,767 $\pm$ 0,46 (3)	2,4 $\pm$ 0,17 (3)	4,533 $\pm$ 0,83 (3)	1,333 $\pm$ 0,11 (3)	0,4 $\pm$ 0,10 (3)	0,5 $\pm$ 0,00 (3)	9,8 $\pm$ 0,52 (3)
	<i>Thamnophilus nigriceps</i>	2,7	3,2	6	1,8	0,4	0,6	14,3
<i>Thraupidae</i>	<i>Eucometis penicillata</i>	1,9	5,6		1,4	0,6	0,7	15,8
	<i>Euphonia laniirostris</i>	1,2	3,1	6,2	0,6	0,2	0,4	10,8
	<i>Thraupis episcopus</i>	2,3	4,9	8,8	1,3	0,8	0,8	15,1
<i>Turdidae</i>	<i>Catharus ustulatus</i>	2,3	4,4	9,4	1,3	0,7	0,4	16,1

Familia	Especie	Long. Tarsos	Long. Cola	Long. Ala	Long. Pico	Ancho pico	Altura pico	Long. Total
Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	3,45 ± 2,44 (4)	6,4 ± 0,22 (4)	7,475 ± 0,32 (4)	0,925 ± 0,09 (4)	0,575 ± 0,13 (4)	0,475 ± 0,15 (4)	15,15 ± 0,31 (4)
	<i>Camptostoma obsoletum</i>	1,5 ± 0,28 (2)	3,2 ± 0,14 (2)	4,75 ± 0,50 (2)	1,4 ± 0,71 (2)	0,35 ± 0,07 (2)	0,45 ± 0,07 (2)	9,8 ± 0,71 (2)
	<i>Contopus virens</i>	1,5	5,5	9,2	1	0,5	0,5	14
	<i>Phaeomyias murina</i>	2,2 ± 0,00 (3)	4,867 ± 0,57 (3)	5,667 ± 0,29 (3)	1,033 ± 0,06 (3)	0,4 ± 0,00 (3)	0,4 ± 0,00 (3)	11,033 ± 1,01 (3)
	<i>Poecilotriccus sylvia</i>	2,2	3,1	3,8	1,3	0,5	0,4	9
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	2,25	6,65	8,8	2,3	1	1,7	19,9
	<i>Todirostrum cinereum</i>	1,8	2,3	3,6	1,3	0,5	0,5	8,2
<i>Silvopastoril</i>								
Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	1,44	3,9	4,4	0,94	0,46	0,53	10,1
	<i>Oryzoborus angolensis</i>	1,6	4,2	5,15	1	0,9	0,9	10,8
	<i>Oryzoborus crassirostris</i>	1,3	3,8	6,5	0,9	0,8	0,8	10,7
	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	2,3	6,8	7,2	1,3	0,7	0,6	16,2
	<i>Thraupis palmarum</i>	1,4	5,1	9,2	1,1	0,6	0,6	16,3
	<i>Atalotricus pilaris</i>	1,8	4,5		0,7	0,4	0,3	9,1
Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	2,1	5,8	7,4	0,8	0,6	0,3	15,4
	<i>Myonectes oleaginea</i>	1,55 ± 0,28 (2)	3,425 ± 0,88 (2)	5,915 ± 0,33 (2)	0,875 ± 0,11 (2)	0,4 ± 0,07 (2)	0,25 ± 0,00 (2)	10,425 ± 0,68 (2)
	<i>Tolmomyias sulphureus</i>	1,8	4,6		0,9	0,5	0,3	13,1
	<i>Turdus ignobilis</i>	3,3	7,6	11,4	1,8	0,6	0,7	22,2
Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i> (6)	2,757 ± 0,14 (6)	5,586 ± 0,54 (6)	9,214 ± 0,18 (6)	1,1 ± 0,19 (6)	0,414 ± 0,01 (6)	0,3 ± 0,00 (6)	16,443 ± 0,45 (6)
	<i>Vireo olivaceus</i>	2,1 ± 0,21 (2)	4 ± 0,21 (2)	6,3 ± 0,00 (2)	1,6 ± 0,35 (2)	0,5 ± 0,14 (2)	0,4 ± 0,03 (2)	14,2 ± 0,77 (2)

Referencias bibliográficas

- [1] Martin, T. E., Karr, J. R. (1990) Behavioural plasticity of foraging maneuvers of migratory warblers: multiple selection periods for niches. *Studies in Avian Biology* No. 13. Cooper Ornithological Society: 353-359.
- [2] Norberg, U. M. (1979) Morphology of the wings, legs and tail of three coniferous forest tits, the goldcrest, and the treecreeper in relation to locomotor pattern and feeding station selection. *Phil. Trans. R. Soc. B* 287:131 – 165.
- [3] Karr, J.R.; James, F. C. (1975) Eco-morphological configurations and convergent evolution of species and communities; *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge, MA: Harvard University Press.: 258–291.
- [4] Cody, M. L. & Mooney, H. A. (1978) Convergence versus nonconvergence in mediterranean-climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9:265–321.
- [5] Wiens, J. T., and Rotenberry, J. A. (1980) Habitat Structure, Patchiness, and Avian Communities in North American Steppe Vegetation: A Multivariate Analysis *Ecology*. 61, 5:1228-1250.
- [6] Miles, R. (1984) The correlation between ecology and morphology in deciduous forest passerine birds. *Ecology*, 65 (5): 1629-1640.
- [7] Robinson, S. K.; Holmes, R. T. (1982) Foraging behaviour of forest birds: the relationship among search tactics, diet and habitat structure. *Ecology*, 63. 1918-1931.
- [8] Holmes, R. T., and Schultz J. C. (1988) Food availability for forest birds: effects of prey distribution and abundance on bird foraging. *Can. J.*, 66. 720-728.
- [9] Nebel, D. L., Jackson, R., and Elner, W. (2005) “Functional association of bill morphology and foraging behaviour in calidrid sandpipers” *Animal Biology*, 55 (3): 235–243.
- [10] Van Heezik, Y., and Gerritsen, A. (1984) “Substrate preference and substrate related foraging behavior in three *Calidris* species,” *Netherlands Journal of Zoology*, 35 (4): 671–692.
- [11] Luther, D., and Greenberg, R. (2014) Habitat type and ambient temperature contribute to bill morphology. *Ecology and Evolution*; 4.6: 699–705.
- [12] Pierre, J. P. (1994) “Effects of sexual dimorphism on feeding behaviour of the bar-tailed godwit (*Limosa lapponica*) at a Southern Hemisphere wintering site,” *New Zealand Natural Sciences*, 21: 109–112.
- [13] Zeffer, A., Johansson, C., and Marmebro, A. (2003) Functional correlation between habitat use and leg morphology in birds (Aves). *Biol. J. Linn. Soc.* 79: 461 – 484.

- [14] Durant, D., Fritz, H.; Blais, S., and Duncan, P. (2003) "The functional response in three species of herbivorous *Anatidae*: effects of sward height, body mass and bill size," *Journal of Animal Ecology*, vol. 72, no. 2 :220–231.
- [15] Grant, P. R. (1968) Bill size, body size and the ecological adaptations of bird species to competitive situations on islands. *Syst. Zool.* 17:319–333.
- [16] Grant, P. R., and Grant, B. R. (2006) Evolution of carácter displacement in Darwin's finches. *Science* 313:224.
- [17] Barbosa, A., and Moreno, E. (1999) Hindlimb morphology and locomotor performance in waders: an evolutionary approach. *Biological Journal of the Linnean Society* 67: 313–330.
- [18] Goudie, A. (1990). *The Human Impact on the Natural Environment*, (3 ed.). Basilea, Suiza. The MIT Press.
- [19] Botkin, D.B., Caswell, M.F., Estes, J.E. and Orio, A. (1989) *Changing the Global Environment: Perspectives on Human Involvement*, Academic Press, London.
- [20] Turner II, B.L., Clark, W.C., Kates, R.W. et al. (eds) (1990) *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere Over the Past 300 Years*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [21] Pizano, C. y H. García (eds) (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D. C., Colombia.
- [22] Hilty S. y Brown W. (2007) *Guía de las aves de Colombia*. ACO. Bogotá D. C., Colombia.
- [23] McMullan M., Donegan T. y Quevedo A. (2010) *Guía de campo de las aves de Colombia*. ProAves. Bogotá D. C., Colombia.
- [24] R Development Core Team (2012) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- [25] Hardin, G. (1960) The competitive exclusion principle. *Science* 131:1292–1297.
- [26] Schoener, T. W. (1974) Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- [27] Wiens, J. A. (1977) On competition and variable environments. *American Scientist* 65:590–597.
- [28] Brown, W. L., and Wilson E. O. (1956) Character displacement. *Systematic Zoology* 5:49–64.

- [29] Jones, G., Morton, M., Hughes P. M., and Budden, R. M. (1993) Echolocation, flight morphology and foraging strategies of some West African hipposiderid bats. *Journal of Zoology* 230:385–400.
- [30] Reif, J.; Horáková, D.; Křišťáková, A.; Kopsová, L., and Devictor, Vincent (2015) Linking habitat specialization with species' traits in European birds, *Oikos*: 001–009.
- [31] Harvey, C.; and Haber, W. (1999) Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rica pastures. *Agroforestry System* 44: 37-68.
- [32] Hertel, F. (1992) Morphological Diversity of Past and Present New World Vultures. Science Series; Natural History Museum, Los Angeles, California, United States: 36: 413-418.
- [33] Viscor, G. and Fuster, J.F. (1987) Relationships between morphological parameters in birds with different flying habits. *Comp. Biochem. Physiol.*, 82A: 597-599.
- [34] Jaroslaw, K. N.; Justyna, S.D.; and Remisiewicz, M. (2014) The further the flight, the longer the wing: relationship between wing length and migratory distance in Old World reed and bush Warblers (*Acrocephalidae* and *Locustellidae*). *Ornis Fennica* 91:178-186.
- [35] Barbosa, A. (1994). Estudio ecomorfológico de las aves limícolas: modificaciones adaptativas relacionadas con la búsqueda de alimento. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- [36] Frances, C. J. (1982) The ecological morphology of birds: a review. *Ann. Zool. Fennici* 19: 265-275.
- [37] Carrascal, L., Moreno, E., y Telleria, J. (1990) Ecomorphological relationships in a group of insectivorous birds of temperate forests in winter. *Holarctic Ecol* 13:105-111.
- [38] Winkler, H. (1988) An examination of concepts and methods in ecomorphology. *Proc Inter Ornith Congr* 19:2246-2253.
- [39] Findley, J. S., Studier, E. H., and Wilson, D. E. (1972) Morphological properties of bat wings. *Journal of Mammalogy* 53:429–444.
- [40] Harvey, C.A., Villanueva, C., Ibrahim, M., Gómez, R., López, M., Kunth, S., y Sinclair, L. (2004). *Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación de la biodiversidad*. The Nature Conservancy. San José, Costa Rica.
- [41] Kattan, G. (1997) Transformación de paisajes y fragmentación de hábitat. En Instituto Von Humboldt. Informe sobre el estado de la biodiversidad, Colombia.
- [42] Dodson, S., Allen, T., Carpenter, S., Ives, A. Jeanne, R., Kitchell, J., Langston, N. y Turner, M. (1998) *Ecology*. Oxford University Press. 434 p.

Dirección de los autores

Carolina Revelo Hernández
Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
diana.revelo@correounivalle.edu.co

Juan José Gallego Zerrato
Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
juan.j.gallego@correounivalle.edu.co

Juan Felipe Castro Ospina
Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
juan.castro.ospina@correounivalle.edu.co

Oscar E. Murillo García
Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
oscar.murillo@correounivalle.edu.co