

PATRONES DE DIVERSIDAD DE HORMIGAS EN EL BOSQUE NUBLADO DE LAS RESERVAS ARCOIRIS Y EL MADRIGAL, ECUADOR

ANTS DIVERSITY PATTERNS IN THE CLOUD FOREST OF ARCOÍRIS AND EL MADRIGAL RESERVS, ECUADOR

Gabriela Piedra Campoverde^{1*}, John Lattke Bravo², Jaime R. Santín³

1. Ingeniera en Manejo y Conservación de Medio Ambiente, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
2. Docente-Investigador del Departamento de Zoología, Universidad Federal de Paraná, Brasil.
3. Coordinador de la Carrera de Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: gb-piedra@hotmail.com

Carrera de Ingeniería Forestal,
Universidad Nacional de Loja, Ecuador

Web: www.bosqueslatitudcero.com
Email: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Receptado: 16 de septiembre del 2016

Aprobado: 08 de diciembre del 2016

Piedra, G, *et al.* (2016). Patrones de diversidad de hormigas en el bosque nublado de las reservas Arcoiris y El Madrigal, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.

RESUMEN

En Ecuador aun es necesario seguir estudiando la biodiversidad, especialmente en temas poco estudiados como los insectos. La finalidad de este estudio es conocer la riqueza, abundancia y grupos funcionales de las hormigas en los bosques nublados de la Reserva Arcoíris y El Madrigal. Mediante el Protocolo All se recolectaron 19 especies de hormigas incluidas en 15 géneros. Myrmicinae fue la subfamilia con mayor cantidad de especies y géneros, seguida por la subfamilia Ponerinae. Se aplicaron estimadores de diversidad ICE, Chao 2 y Jackknife 2, obteniéndose el 91,6 % de la riqueza estimada para Arcoíris y el 63,1 % de la riqueza estimada para El Madrigal. Se registró una diversidad intermedia (Shannon) y baja dominancia de especies (Simpson) para ambos sitios. En Arcoíris y El Madrigal se recolectaron 11 y 12 especies de hormigas respectivamente, de las cuales 4 especies son compartidas, el 79 % del total de especies son únicas y el 68 % especies raras. La composición de especies fue disímil en ambos sitios, siendo 0,3 el coeficiente de similitud de Sørensen y 0,75 el de disimilitud de complementariedad. En los grupos funcionales los gremios más numerosos fueron cazadoras nomádicas (El Madrigal) y omnívoras (Arcoíris). Se capturaron dos especies no registradas en el Ecuador, una no registrada desde los años 30 y tres nuevas especies para la ciencia.

Palabras Claves: bosque nublado, frecuencia, hojarasca, hormigas, riqueza

ABSTRACT

In Ecuador it is necessary to increase studies on biodiversity issues, especially in the lesser known, such as insects. The purpose of this study is to know the richness, abundance and functional groups of ants in the cloud forests of the Reserva Arcoiris and El Madrigal. By means of the Protocol All 19 species of ants included in 15 genera were collected. Myrmicinae was the subfamily with greater amount of species and genera, followed by the subfamily Ponerinae. The estimators ICE, Chao2 and Jackknife 2 assessed collection completeness as 91,2 % for Arcoiris and 63,1 % for El Madrigal. An intermediate diversity (Shannon) and low species dominance (Simpson) were recorded for both sites. In Arcoiris and El Madrigal 11 and 12 species of ants were respectively collected, of which 4 are shared but 79 % of the species are found only in one site and 68 % are considered rare. The species composition was dissimilar at both sites, with 0.3 being the Sørensen similarity coefficient and 0,75 being the complementarity dissimilarity. In the functional groups the most numerous guilds were nomadic (El Madrigal) and omnivorous (Arcoiris). Two unregistered species were captured in Ecuador, one not recorded since the 1930s and three new species for science.

Keywords: ants, cloud forest, richness, litter, frequency

INTRODUCCIÓN

Los bosques nublados tropicales son ecosistemas con mayor endemismo y diversidad biológica en el mundo; sin embargo, existe gran desconocimiento de formícidos en estos bosques (Bussmann, 2005). Conocer la diversidad de hormigas en este tipo de bosque y particularmente los trópicos ha sido un gran reto desde hace más de 150 años (Emery, 1875), particularmente al saber el gran éxito ecológico de las hormigas en los trópicos (CINFA *et al.*, 2006; Folgarait, 1998).

Las hormigas están presentes en casi todos los ecosistemas a excepción de hábitats extremos como montañas muy altas, los polos y cuevas profundas (Branstetter y Sáenz, 2012). Son importantes para bioindicación por ser abundantes, presentar poca estacionalidad, tener una historia natural y taxonomía bien conocida, por su presencia en numerosos hábitats, también por tener taxones especializados, sensibilidad al hábitat y por su facilidad de observación y manipulación (Ribas *et al.*, 2012; Paredes, 2011). Estas características han impulsado estudios sobre el monitoreo biológico y sobre los patrones de diversidad de hormigas a nivel mundial, principalmente en hormigas de la hojarasca (Longino y Colwell, 2011; Ribas *et al.*, 2012; Majer *et al.*, 2007).

En Ecuador, existen vacíos de información en el estudio de las hormigas, siendo necesario conocer su distribución, estado de conservación y el descubrimiento de nuevas especies como aporte para la ciencia. Esta investigación muestra la riqueza, abundancia y los grupos funcionales de las hormigas en dos localidades del Sur del Ecuador, para realizar un análisis comparativo entre las comunidades de hormigas considerándose algunos factores ambientales como temperatura, precipitación, altitud, estado de conservación del ecosistema, entre otros; además, aporta con información sobre formícidos al ecosistema de montaña.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

La investigación se llevó a cabo en dos sitios de bosque nublado al Sur del Ecuador: el primero en el bosque primario de la Reserva de la Fundación Ecológica Arcoíris, que corresponde a la parte oriental del Parque Nacional Podocarpus (PNP) a 12,3 km de Loja, en el sector San Francisco, parroquia Sabanilla, provincia de Zamora Chinchipe (Castillo *et al.*, 2007). El sitio es considerado como un hotspot, se caracteriza por tener bosque primario, frecuente lluvia, neblina y deslizamientos naturales (Kiss y Braüning, 2008). Limita al norte con el río San Francisco, al sureste con el PNP, al oeste con el PNP en la quebrada Consuelo y la quebrada San Ramón. El sector está ubicado en las coordenadas 3.98846 °S y 79.09326 °W; a una altura de 2060 a 2105 m s.n.m.

El segundo sitio de investigación es en la Reserva Ecológica El Madrigal, ubicada en zona de amortiguamiento del PNP, a 6 km al sur oriente de la ciudad de Loja. Este bosque secundario lleva 12 años en proceso de protección, con restauración en las áreas más intervenidas. Sus límites son al norte con la microcuenca Mendieta, al sur con la microcuenca Namanda, al este con la Cordillera de los Andes y al oeste con el barrio Zamora Huayco Alto. Las coordenadas del sector de investigación son: 4.04655 °S y 79.17583 °W; a una altura de 2350 m s.n.m.

El régimen climático de Arcoíris y El Madrigal tiene una época fría de mayo a septiembre y una época caliente de octubre a abril, y cuentan con un clima templado húmedo sin estación seca. Se consideraron las estaciones meteorológicas más próximas a los sitios de estudio, en el caso de Arcoíris es la Estación Meteorológica San Francisco ubicada a una altura de 1620 m s.n.m, la distancia entre ambos sitios es de 2,5 km. En cambio, para El Madrigal se tomaron los datos de la Estación Meteorológica La Argelia que se encuentra a una distancia de 3,12 km del sitio de estudio, a 2160 m s.n.m. En la Tabla 1 se muestran los promedios anuales de los parámetros meteorológicos del periodo 2000 al 2010.

Tabla 1. Promedios anuales meteorológicos de las Estaciones La Argelia y San Francisco

Estación	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Precipitación (mm)
La Argelia	16	74,2	1066
San Francisco	12	86	2500

Fuente: INAMHI, 2000-2010; Bussmann, 2006; Gálvez *et al.*, 2003

Métodos de Campo

En cada sitio, se trazó un transecto lineal de aproximadamente 200 m, en el cual se ubicaron 20 cuadrículas de 1 m² a una distancia de 10 m entre cada una. En cada cuadrícula se picó el total de hojarasca contenida en ella y se tamizó para depositarla en extractores mini Winkler (Bestelmeyer *et al.*, 2000) numerados de acuerdo a las cuadrículas. Se dejaron reposar durante 48 horas.

Además, se ubicaron 20 trampas de caída (vaso al ras del suelo con agua y jabón) por 24 horas, situadas cada una a 10 m de distancia de cada cuadrícula. La fauna capturada por ambos métodos fue depositada en alcohol al 80 % con las etiquetas correspondientes. Se realizaron capturas manuales (captura de hormigas durante recorridos) y lavado de suelo (hormigas subterráneas), con la finalidad de identificar especies de hormigas para el sitio que no han sido obtenidas con métodos estandarizados como es el Protocolo All (tamizado de hojarasca y trampas de caída).

Métodos de Laboratorio

Se clasificó a las hormigas en subfamilias y géneros considerando claves taxonómicas para la Región Neotropical (Palacio y Fernández, 2003), y la identificación de especies a través de la página www.antweb.org. Se elaboraron cajas entomológicas de todas las especies de hormigas capturadas con las etiquetas respectivas. Los ejemplares de hormigas capturadas en este estudio reposan en el departamento de entomología de la Universidad Nacional de Loja, Universidad Técnica Particular de Loja y los holotipos de especies nuevas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito.

Calculo de la riqueza, abundancia y grupos funcionales

La diversidad alfa se obtuvo identificando en primera instancia las subfamilias, géneros y especies capturadas en cada ecosistema. Posterior se transformó la matriz en presencia (1) o ausencia (0) de especies capturadas en tamizado de hojarasca. Se estimó la riqueza con índices no paramétricos ICE, Chao 2 y Jackknife 2, y se realizaron curvas de acumulación de especies Mao Tao con el programa Estimates 9.0 (Colwell, 2009). Los índices de Shannon-Wiener y Gini-Simpson, se obtuvieron mediante este mismo programa. Se consideró la frecuencia de capturas de cada especie recolectada mediante tamizado de hojarasca y se identificaron las especies raras por conteo de las presencias de las especies en una y dos muestras de hojarasca, es decir aquellas especies con frecuencias de 0,1 (2 presencias) y 0,05 (1 presencia), además se hizo el conteo de las especies únicas o exclusivas para cada sitio.

Para obtener una visión holística de los sitios se realizó una comparación entre las diversidades a través de los índices de Shannon-Wiener y Gini- Simpson, y el cálculo de la diversidad beta a través del índice de Sørensen mediante Estimates 9.0 y el grado de complementariedad de diversidad en los dos sitios (Moreno, 2001).

Las hormigas se clasificaron en gremios de acuerdo a la información adquirida en la fase de campo y en sus hábitos de caza o preferencias alimenticias (Anderson, 1997; Silvestre *et al.*, 2003; Narendra *et al.*, 2010) en los grupos funcionales siguientes: cazadoras epigeas grandes, cazadoras epigeas generalistas, omnívoras cripticas, cazadoras nomádicas, cazadoras crípticas, cazadoras de collembola, cultivadoras de hongos (detritus), cultivadoras de hongos (cortadoras de follaje), omnívoras epigeas y forrajeras. Con el fin de identificar los grupos funcionales de acuerdo al sitio se realizó una comparación entre ambos sitios con sus respectivas características, principalmente en el grado de conservación de los dos ecosistemas.

RESULTADOS

Métodos de Colecta

Los métodos de colecta manual y tamizado de hojarasca fueron los que más especies de hormigas permitieron recolectar, seguidos por trampas de caída y lavado de suelo. En Arcoiris y El Madrigal se obtuvieron 37 especies de hormigas con todos los métodos distribuidas en 21 géneros pertenecientes a 7 subfamilias, de las cuales 6 especies son compartidas (Tabla 2).

Tabla 2. Subfamilias y especies de hormigas colectadas mediante los cuatro métodos de muestreo en Arcoiris y El Madrigal. HJ: Hojarasca, TC: Trampas de caída, CM: Colecta manual, LS: Lavado de suelo; (M): Madrigal, (A): Arcoiris.

Subfamilias	Especies	Localidad	Frecuencias (%)	Métodos de colecta			
				HJ	TC	CM	LS
Dolichoderinae	<i>Linepithema piliferum</i>	Arcoiris- El Madrigal	10 (M), 5 (A)	x	x	x	
Dorylinae	<i>Cheliomyrmex andicola</i>	El Madrigal	5	x			
	<i>Labidus coecus</i>	El Madrigal	10	x	x	x	
	<i>Neivamyrmex macrodentata</i>	El Madrigal	5	x			
	<i>Neivamyrmex sp. 1</i>	El Madrigal	5	x			
Ectatomminae	<i>Typhlomyrmex major</i>	El Madrigal	-				x
Formicidae	<i>Acropyga fuhrmanni</i>	El Madrigal	-				x
	<i>Camponotus propinquus</i>	El Madrigal	-			x	
	<i>Camponotus sp. 2</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Camponotus sp. 3</i>	El Madrigal	-			x	
	<i>Myrmelachista sp. 2</i>	Arcoiris	-			x	x
	<i>Myrmelachista zeledoni</i>	Arcoiris	10	x		x	
	<i>Nylanderia sp. 1</i>	Arcoiris- El Madrigal	-			x	x
	<i>Nylanderia sp. 2</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Nylanderia sp.3</i>	Arcoiris	5			x	
	<i>Nylanderia sp.4</i>	Arcoiris	-			x	
<i>Nylanderia sp. 5</i>	Arcoiris- El Madrigal	-			x		
Myrmicinae	<i>Acromyrmex sp. 1</i>	Arcoiris	10	x		x	

	<i>Megalomyrmex glaesarius</i>	Arcoiris- El Madrigal	-			x	
	<i>Nesomyrmex sp. 1</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Pheidole sp. 1</i>	El Madrigal				x	x
	<i>Pheidole sp. 2</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Pheidole sp. 3</i>	El Madrigal	20	x	x		
	<i>Pheidole sp. 4</i>	El Madrigal	-			x	
	<i>Pheidole sp. 5</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Pheidole sp. 6</i>	Arcoiris	35	x		x	
	<i>Pheidole sp. 7</i>	Arcoiris-El Madrigal	15 (M), 30 (A)	x	x	x	
	<i>Procryptocerus sp.1</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Protalaridris n. sp.</i>	El Madrigal	5	x			
	<i>Strumigenys lojanensis</i>	Arcoiris- El Madrigal	10 (M), 5 (A)	x			
	<i>Strumigenys madrigalae</i>	El Madrigal	10	x			
Ponerinae	<i>Hypoponera sp. 1</i>	Arcoiris	-			x	
	<i>Hypoponera trigona</i>	Arcoiris	35	x			x
	<i>Neoponera carbonaria</i>	Arcoiris- El Madrigal	10 (M), 10 (A)		x	x	
	<i>Rasopone becculata</i>	Arcoiris	10	x			
	<i>Simopelta manni</i>	Arcoiris	10	x			
Proceratiinae	<i>Discothyrea horni</i>	El Madrigal	5	x			
	<i>Total</i>			17	5	24	6

Diversidad Alfa

Riqueza de Hormigas

Mediante las técnicas del Protocolo All en Arcoiris y El Madrigal se registraron 19 especies, incluidas en 15 géneros y 6 subfamilias. La subfamilia Myrmicinae es la más rica conformada por 7 especies de hormigas distribuidas en 4 géneros, seguida de la subfamilia Ponerinae con 4 especies pertenecientes a 4 géneros, Dorylinae con 4 y 3, Formicinae con 2 y 2, y por último Proceratiinae y Dolichoderinae con una especie en cada caso.

Las subfamilias Dorylinae, Ponerinae y Myrmicinae abarcan el 79 % de los géneros existentes. Los géneros con mayor número de especies fueron *Pheidole*, *Neivamyrmex*, *Strumigenys* con 3, 2 y 2 especies de hormigas respectivamente, que representan el 43,7% del total de la diversidad. En las dos localidades las curvas de acumulación son muy próximas debido a la semejanza en la cantidad de especies de hormigas recolectadas, en ambos casos no se alcanza la asíntota, considerándose que son grupos megadiversos.

La riqueza estimada en Arcoiris (Figura 1), promedio de los estimadores ICE, Jackknife 2 y Chao 2, indican que para el sitio se espera encontrar 12 especies de hormigas, es decir se obtuvo el 91,6 % de las especies esperadas para el sitio, siendo el esfuerzo de muestreo relativamente suficiente (Gotelli y Colwell, 2001). Mientras que en El Madrigal (Figura 2) según los estimadores se espera encontrar 19 especies de hormigas, recolectándose en este estudio el 63,1 %, es decir se recolectarían más especies de hormigas si se aumenta el esfuerzo de muestreo (Magurran, 2004).

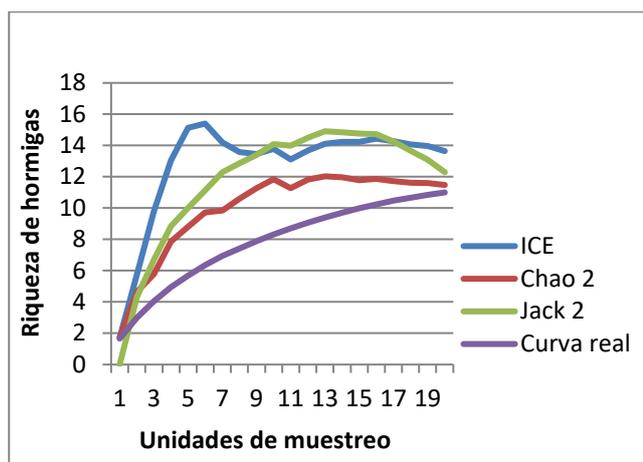


Figura 2. Curva de acumulación de especies de Arcoírís con índices de riqueza de ICE, Chao 2 y Jackknife 2

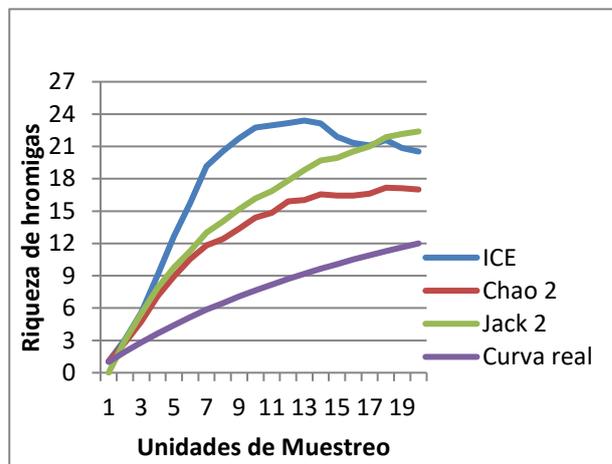


Figura 3. Curva de acumulación de especies de El Madrigal con índices de riqueza de ICE, Chao 2 y Jackknife 2.

Diversidad, dominancia e incidencia de las hormigas

Los resultados del índice de Shannon evidencian una diversidad intermedia para Arcoírís y El Madrigal, por otra parte, la abundancia proporcional de dominancia índice de Simpson, muestra una baja dominancia de las especies de hormigas en ambos sitios (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de Shannon-Wiener y Gini- Simpson calculados para las localidades de Arcoírís y El Madrigal.

Sitio	Shannon-Wiener	Gini- Simpson
Arcoírís	2,14	6,94
Madrigal	1,80	6,35

En Arcoírís las especies con mayores frecuencias fueron *Hypoponera trigona*, *Pheidole sp. 6* y *Pheidole sp. 7*, con 35 % para las dos primeras especies y 30 % para la última citada. Por otra parte, en El Madrigal las mayores frecuencias fueron 20 % y 15% correspondientes a *Pheidole sp. 3* y *Pheidole sp. 7* respectivamente. Respecto a las especies compartidas *Pheidole 7* tiene la frecuencia más alta con 35 % en Arcoírís y 15 % en El Madrigal; seguida por *Linepithema piliferum* con una frecuencia en El Madrigal de 10 % y en Arcoírís de 5 %; mientras que *Neoponera carbonaria* y *Strumigenys lojanensis* tienen la misma frecuencia en ambos sitios con 10 % y 5 % respectivamente.

Entre los dos sitios existe un 79 % de especies únicas, es decir 15 de 19 especies están en un solo sitio, mientras que 13 especies de hormigas son raras (cayeron en una o dos parcelas de hojarasca), que corresponde al 68 % de especies raras entre El Madrigal (7 especies) y Arcoírís (5 especies). Por unidad de muestreo se obtuvo una frecuencia de hormigas de 1,5 en el Madrigal y 1,7 en Arcoírís, equivalente a 1 ó 2 especies de hormigas por metro cuadrado. Las especies raras y únicas se muestran en el Tabla 4.

Tabla 4. Especies raras, únicas y compartidas de Arcoírís y El Madrigal. A: Arcoírís; M: El Madrigal

Sitio	Especies de hormigas	Número de muestras	Especies Raras
El Madrigal	<i>Neivamyrmex macrodentata</i>	1	x
	<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	1	x
	<i>Cheliomyrmex andicola</i>	1	x
	<i>Protalaridris</i> n. sp.	1	x
	<i>Discothyrea horni</i>	1	x
	<i>Labidus coecus</i>	2	x
	<i>Pheidole</i> sp.3	4	-
	<i>Strumigenys madrigalae</i>	2	x
Arcoíris	<i>Acromyrmex coronatus</i>	2	x
	<i>Rasopone becculata</i>	2	x
	<i>Simopelta manni</i>	2	x
	<i>Nylanderia</i> sp.3	1	x
	<i>Pheidole</i> sp.6	7	-
	<i>Myrmelachista zeledoni</i>	2	x
	<i>Hypoconeropsis trigona</i>	7	-
Compartidas	<i>Linepithema piliferum</i>	1A- 3M	-
	<i>Neoponera carbonaria</i>	2A-4M	-
	<i>Pheidole</i> sp.7	6A-7M	-
	<i>Strumigenys lojanensis</i>	1A-3M	-
Total (%)			63,1%

Diversidad Beta

Métodos cualitativos (Coeficiente de similitud Sørensen)

El coeficiente de similitud de Sørensen fue de 0,3, solo el 21 % (4 especies) de las especies son compartidas (ver Tabla 5)

Tabla 5. Coeficiente de similitud de Sørensen de los sectores El Madrigal y Arcoíris

Arcoíris	El Madrigal	Especies compartidas	Sørensen Clásico
11	12	4	0,34

Grupos Funcionales

Las especies de hormigas se encuentran clasificadas en los grupos funcionales que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Grupos funcionales de los sectores Arcoíris y El Madrigal

Especies de Hormigas	Grupos funcionales	Especies de hormigas	Grupos funcionales
<i>Cheliomyrmex andicola</i>	Cazadora nomádica	<i>Hypoconeropsis trigona</i>	Cazadora críptica
<i>Labidus coecus</i>	Cazadora nomádica	<i>Discothyrea horni</i>	Cazadora críptica
<i>Neivamyrmex macrodentata</i>	Cazadora nomádica	<i>Strumigenys lojanensis</i>	Cazadoras de collembola
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	Cazadora nomádica	<i>Strumigenys madrigalae</i>	Cazadoras de collembola
<i>Simopelta manni</i>	Cazadora nomádica	<i>Neoponera carbonaria</i>	Cazadoras epigeicas generalistas
<i>Linepithema piliferum</i>	Omnívoras crípticas	<i>Rasopone becculata</i>	Cazadoras epigeicas generalista

Nylanderia sp. 3	Omnívoras crípticas	Pheidole sp. 3	Omnívoras epigeicas generalistas
Pheidole sp. 6	Omnívoras crípticas	Acromyrmex coronatus	Cultivadora de hongos
Pheidole sp. 7	Omnívoras crípticas	Myrmelachista zeledoni	Arbórea
Protalaridris sp. 7	Cazadora críptica		

Se determinaron 7 grupos funcionales en las localidades de Arcoiris y El Madrigal. En total, de las 19 especies registradas en El Madrigal y Arcoiris, 5 pertenecen al gremio de cazadoras nomádicas que corresponden al 26,3 % del total de especies, seguidas por el gremio omnívoras crípticas con 4 especies que representan el 21% y el de cazadoras crípticas con 3 especies de hormigas correspondientes al 15,7 %, siendo estos tres gremios los más numerosos que equivalen al 63 % del total de las especies. Se clasificaron tres especies que caen en un único grupo funcional pertenecientes a omnívoras epigeicas generalistas (*Pheidole* sp. 3), cultivadoras de hongos (*Acromyrmex coronatus*) y finalmente arbóreas (*Myrmelachista zeledoni*). En El Madrigal y Arcoiris prevalecen los grupos funcionales de cazadoras nomádicas y omnívoras crípticas respectivamente, dichos grupos funcionales están conformados por 4 especies de hormigas que equivale al 33,3 % del total de la riqueza en cada sitio.

DISCUSIÓN

Diversidad Alfa y riqueza de hormigas

La información obtenida facilita tener un registro y colección de hormigas para el sitio y realizar contrastes con otras investigaciones. Este estudio tiene particular importancia al obtener información de formícidos sobre 2000 m s.n.m, conociéndose pocos estudios a dichas alturas. También es un aporte para el monitoreo a largo plazo del cambio climático en la zona 7 de Ecuador, coadyuvando a complementar estudios del cambio climático en el país. Los resultados obtenidos eventualmente podrían guiar a grupos sociales de poder a destinar esfuerzos para la toma de decisiones adecuadas y oportunas en el campo ambiental como la generación de políticas ambientales o proyectos.

Los resultados de riqueza de hormigas en Arcoiris y El Madrigal muestran una mayor eficacia de recolección de especímenes con los métodos de colecta manual y tamizado de hojarasca. Sin embargo, colecta manual y lavado de suelo no se incluyó en la cuantificación para evitar sesgos en los resultados, puesto que deben considerarse factores como la hora, mano de obra y tiempo empleado en la recolección de hormigas (Castro *et al.*, 2008). El Protocolo ALL permite obtener datos estadísticos estrictos de riqueza y abundancia (Olson, 1991; Agosti *et al.*, 2000; Fisher, 2002) uno de ellos es el tamizado de hojarasca que fue el método más efectivo en esta investigación al igual que en otros estudios (Fisher, 1996; Robertson, 2002; Fisher, 2002). Los métodos de colecta manual y lavado de suelo permitieron obtener más información sobre las especies presentes en los sitios.

Se obtuvo una riqueza de 23 especies en El Madrigal (12) y Arcoiris (11), integradas en 15 géneros y 6 subfamilias. La subfamilia Myrmicinae fue la más numerosa en especies y géneros, seguida por Ponerinae, patrón conocido para el trópico (Fisher, 1996; Robertson, 2002; Guerrero y Sarmiento, 2010; Lattke y Riera, 2012). Estas subfamilias junto a Dorylinae corresponden al 79 % de las especies registradas. Bustos y Ulloa (1997) registraron 25 especies de hormigas en el bosque de niebla del Parque Nacional Natural Farallones de Cali a 2300 msnm, algunos géneros compartidos

con este proyecto fueron *Labidus*, *Neivamyrmex*, *Strumigenys*, *Pheidole* entre otros. Estrada y Fernández (1999) obtuvieron 63 especies de hormigas en el bosque nublado de Nariño a 1850 msnm, probablemente dicha riqueza está relacionada a la menor altitud de la localidad colombiana. Otro estudio que muestra la influencia de la gradiente altitudinal sobre las especies de hormigas es el de la Montaña Kinabalu en Malasia, donde se encontraron 49 especies en tres estratos: alto (1824-2023 msnm), medio (1362-1433 m s.n.m) y bajo (600-810 m s.n.m), con 16 y 17 especies en los estratos bajos y medio y ninguna especie en el alto (Brühl *et al.*, 1999), siendo el estrato alto el rango donde recaería este estudio. Delsinne y Arias (2012) realizaron un estudio en la “Estación Científica San Francisco”, ubicado a menos de 1 km del sitio de muestreo de esta investigación, donde se aplicó la misma metodología de este estudio y los resultados mostraron 28 especies de hormigas a 2000 m s.n.m, aunque sus análisis se centraron en la influencia de la humedad sobre la riqueza de hormigas.

Al comparar la cantidad de especies obtenidas en este estudio se puede determinar que la información obtenida concuerda con otros estudios considerando que Arcoiris se encuentra a mayor altura. Los géneros más numerosos en especies fueron *Pheidole*, *Neivamyrmex* y *Strumigenys*, siendo los dos primeros los más diversos en zonas tropicales (Rojas, 2001; Lattke y Rodríguez, 2012) y el último el más común en sitios de elevada humedad (Castro *et al.*, 2008). Los géneros *Pheidole* y *Solenopsis* se caracterizan por tener un comportamiento generalista propio de sitios perturbados (Perfecto, 1991; Guerrero y Sarmiento, 2010), donde el género *Pheidole* se encuentra en igual cantidad para ambos sitios y el género *Solenopsis* en mayor cantidad en El Madrigal probablemente al ser un sitio perturbado. El género *Solenopsis* obtuvo gran número de ejemplares, sin embargo, no fueron considerados para la cuantificación por ser un grupo muy difícil de identificar, siendo necesario información molecular para diferenciar las distintas especies (Delsinne *et al.*, 2012).

Algunas especies de hormigas recolectadas fueron *Simopelta manni*, registrada por primera vez desde los años 30 en Pastaza; *Myrmelachista zeledoni* reportada por primera vez para el país en Arcoiris; *Neivamyrmex macrodentata* especie conocida únicamente en Centroamérica y ahora registrada por primera vez en Sudamérica. Se recolectaron nuevas especies de hormigas para la ciencia como son *Strumigenys lojanensis* (Arcoiris y El Madrigal), *Strumigenys madrigalae* y *Protalaridris n. sp.* (El Madrigal) (Lattke y Aguirre, 2015). Las especies nuevas sugieren una importante diversidad por descubrir en los bosques de neblina, la necesidad de nuevas investigaciones en estos ecosistemas y el interés por su conservación (Bussmann, 2005). Esto ratifica las afirmaciones de Olson (1991) y Fisher (2002) acerca de la elevada posibilidad de encontrar especies nuevas y raras al estudiar las hormigas de la hojarasca

La riqueza está condicionada a factores de conservación (bosque primario o secundario), climáticos (temperatura, precipitación, humedad) y topográficos (deslizamientos de tierras, valles, laderas) (Castro *et al.*, 2008; Brühl *et al.*, 1999), características que pudieron influir en la una riqueza estimada más elevada en El Madrigal. Las condiciones de perturbación de El Madrigal como es el menor espesor del dosel (bosque abierto) favorece el aumento de temperatura a nivel del suelo, siendo una ventaja en organismos ectotermos como las hormigas (Rojas, 2001; Ricard y Messier, 1996). Por otra parte, los bosques primarios como Arcoiris tienen mayor disponibilidad de nichos para las hormigas y menor competencia entre las especies (Bustos y Ulloa, 1997). De acuerdo a ello y habiéndose aplicado el mismo protocolo en ambas localidades, el grado de efectividad del muestreo fue diferente probablemente a la dispersión de las comunidades de

hormigas, de acuerdo al grado de conservación, siendo ésta más efectiva en Arcoíris (91 %) con nichos mejor establecidos y menor competencia, a diferencia de El Madrigal (63,1 %).

La distribución de formícidos es condicionada por el clima, donde la temperatura, humedad y la precipitación son determinantes en la diversidad y distribución de las hormigas (Estrada y Fernández, 1999; Kaspari *et al.*, 2003; Kaspari y Weiser, 2000). A mayor temperatura mayor será la riqueza de formícidos (Rojas, 2001; Castro *et al.*, 2008). Así El Madrigal con temperatura promedio de 16°C y con la influencia directa de los rayos solares (dosel abierto) al suelo, favorece una mayor riqueza de hormigas según los estimadores, a diferencia de Arcoíris (12°C) que tiene menor diversidad estimada probablemente por las bajas temperaturas a nivel del suelo. La humedad en forma de neblina obstaculiza la cantidad de radiación solar que ingresa al sotobosque, esto sumado a bajas temperaturas pueden limitar la presencia de hormigas (Castro, 2008; Desinne y Arias, 2012). Esto explica hipotéticamente la menor riqueza en Arcoíris con humedad relativa de 86 %, en comparación a El Madrigal 74,6 %; otros estudios mencionan la relación entre la temperatura, humedad y riqueza de hormigas (Brühl *et al.*, 1999; Kaspari, 2003).

El Madrigal (1066 mm) tiene menor precipitación anual que Arcoíris (2500 mm), factor que pudo influir en una mayor riqueza de hormigas (Levings, 1983; Estrada y Fernández, 1999), debido a que las gotas de agua son difíciles de manejar para las hormigas y borran las señales químicas dejadas por las obreras para alimentación, ubicación del nido y alerta de amenaza (Kaspari, 2003; Rojas, 2001). Otro aspecto importante es la topografía, El Madrigal se encuentra en una depresión topográfica que produce temperaturas más altas, con menor exposición a vientos fuertes (CINFA *et al.*, 2006), a diferencia de Arcoíris cuyo muestreo se realizó en la ladera de una montaña con menor variación microclimática y exposición directa a vientos (Gálvez, 2003). Las fuertes pendientes y la cobertura vegetal constantemente húmeda son otros factores que pudieron influir en una menor diversidad para Arcoíris (Ricard y Messier, 1996).

La biodiversidad está influenciada por la gradiente altitudinal donde la riqueza de especies disminuye a medida que aumenta la altitudinal (Robertson, 2002). Sin embargo, El Madrigal (2350 msnm) tiene mayor riqueza estimada que Arcoíris (2105 msnm). Este patrón fue reportado también en otros estudios en el rango altitudinal de 900 a 2500 msnm (Sanders *et al.*, 2003) y particularmente en las hormigas de la hojarasca (Guerrero y Sarmiento, 2010); pero difiere de otros estudios (Folgarait *et al.*, 2005; Brehm *et al.*, 2007). No siempre la altitud es un factor determinante en la riqueza de especies, deben considerarse factores como las condiciones climáticas, el tipo de vegetación y la latitud (Ward, 2000; Del Toro, 2013).

Abundancia de hormigas

Al realizar estimaciones de riqueza se ha sugerido utilizar información provista por el número de individuos (Gotelli y Colwell, 2001); sin embargo, al ser las hormigas organismos sociales limita seriamente esta posibilidad por lo que una opción viable es registrar las abundancias en presencia (1) o ausencia (0) como la suma de las frecuencias de captura por cada unidad muestral (Romero y Jaffe, 1989; Lattke y Riera, 2012).

La abundancia real de las hormigas es difícil de calcular, porque forrajean en intervalos de tiempo limitados y la mayoría permanece en el nido (Rojas, 2001) bajo estas especificaciones de abundancia, se puede mencionar una posible dominancia de acuerdo a las frecuencias de las especies, prevaleciendo así las especies con frecuencias más altas *Pheidole* sp. 3 y *Pheidole* sp. 7 en El Madrigal y las especies *Hypoponera trigona*, *Pheidole* sp. 6 y *Pheidole* sp. 7 en Arcoíris. El género *Pheidole* es el más predominante en ambos sitios, mientras que *Hypoponera trigona*

obtuvo la mayor frecuencia de captura de todas las especies registradas, resultados corroborados por otros estudios (Bustos y Ulloa, 1997; Castro *et al.*, 2008). Las especies compartidas *Pheidole 7*, *Linepithema piliferum*, *Neoponera carbonaria* y *Strumigenys lojanensis* sugieren su mayor tolerancia a mayores rangos climáticos y geográficos (Castro *et al.*, 2008), motivo probable de su presencia en ambos sitios, resultados similares aseguran que las especies compartidas suelen ser dominantes (Guerrero y Sarmiento, 2010).

A la altura de 2350 m s.n.m las abundancias relativas fueron menores que a 2105 msnm aunque no de forma marcada. Según Fisher (1999) en hormigas de la hojarasca las frecuencias disminuyen a mayor altitud y dependen de las condiciones ambientales como se había mencionado (Olson, 1994; Frith y Frith, 1990). Se obtuvo un promedio de una a dos especies de hormigas por metro cuadrado; considerando la cercanía a la altitud límite de las hormigas en el trópico (2300 a 2600 msnm), el número de especies recolectadas en ambos sitios es importante (Brown, 1973). La rareza de especies en un sitio cuenta como medida de selección de áreas protegidas, siendo los bosques más ricos y diversos los que tienen mayor cantidad de especies raras (Kershaw *et al.*, 1995).

Diversidad Beta

Ambos sitios pertenecen al bosque nublado, sin embargo, la sensibilidad de las hormigas a las condiciones climáticas y de conservación principalmente, determinan el tipo de hormigas presentes para cada sitio (Longino y Colwell, 2011). Por otra parte el 79 % de especies son únicas, siendo 15 de 19 especies exclusivas para cada sitio, lo cual muestra la diferencia entre las comunidades de hormigas a una distancia corta. Las especies de hormigas para ambos sitios son disímiles (disimilitud del 75 %), corroborándose esta diferencia mediante el grado de complementariedad, cuyo valor fue cercano a 1 que significa que los sitios son muy distintos (Colwell y Coddington, 1994).

Grupos Funcionales

En Arcoíris se determinaron 7 grupos funcionales, de los cuales omnívoras crípticas y cazadoras epigeicas generalistas presentaron más especies con 4 y 2 especies respectivamente. Las omnívoras crípticas se caracterizan por ser generalistas (Wild, 2007) registró la especie *Linepithema piliferum* en tres excavaciones de nido en Ecuador en el año 2002 bajo piedras, tamizado de hojarasca y a lo largo de los caminos del boque nublado, puede encontrarse esta especie en rangos de 780 a 2340 m s.n.m. Las cazadoras epigeicas generalistas fueron el segundo grupo funcional más diverso de Arcoíris, pero ausente a 2350 m s.n.m; el descenso de este grupo con el aumento de altura también se evidenció en otro estudio (Lattke y Rodríguez, 2012).

En El Madrigal los grupos funcionales con mayor número de especies fueron las cazadoras nomádicas (*Cheliomyrmex andicola*, *Labidus coecus*, *Neivamyrmex macrodentata* y *Neivamyrmex* sp.1), seguidas por omnívoras crípticas, cazadoras crípticas y cazadoras de collembola con 2 especies en cada caso. Las cazadoras nomádicas son todas las especies de la subfamilia Dorylinae de El Madrigal y ciertas especies de Ponerinae como es el caso de *Simopelta manni* de Arcoíris (Rojas, 2001). Este grupo se caracteriza por tener un amplio rango de forrajeo al igual que el grupo *Solenopsis* (Hölldobler y Wilson, 1990).

Las cazadoras crípticas como *Discothyrea horni* tienen afinidad por los bosques secos y sitios con espacios abiertos (Rodríguez y Lattke, 2012), por lo que se encuentra presente en las condiciones de perturbación que otorga el tipo de bosque secundario de El Madrigal. Las cazadoras de

colémbolos se encuentran presentes a 2105 y 2350 m s.n.m, debido probablemente a la humedad que es el factor determinante para los colémbolos (Arbea y Blasco, 2001; Borrór *et al.*, 1992). Castro *et al* (2008) identificaron este grupo a diferentes altitudes, verificándose la mayor presencia de este grupo en estratos más altos. Las hormigas de este grupo funcional son nuevas para la ciencia, siendo necesario estudiar su comportamiento.

Uno de los grupos funcionales con menor frecuencia de hormigas fue cultivadoras de hongos (*Acromyrmex coronatus*) registrada en el bosque primario a 2105 m s.n.m. Lattke y Rodríguez (2012) registraron esta especie en un sitio alterado y con menor humedad, resultados que difieren con este estudio. El cambio climático en estos sitios afectaría a la población de hormigas, las mismas que se desplazarían a alturas con ambientes favorables, según sus posibilidades (Longino y Colwell, 2011). En el caso de *Strumigenys* al ser más especialistas, el aumento de temperatura puede impulsar su desplazamiento a mayores altitudes, sin embargo éste esfuerzo sería inútil debido a la exigencia de condiciones que necesita su presa para vivir, lo que lleva grandes implicaciones negativas para el género. El cambio climático no sólo puede influir en la posible desaparición de especies de hormigas, sino en la expansión de algún tipo de géneros como es el caso del grupo de las *Attini* o cazadoras epigeas (Lattke y Rodríguez, 2012).

CONCLUSIONES

La riqueza de hormigas para los dos sitios (19 especies) es característico de bosques nublados y del neotrópico, siendo las subfamilias Myrmicinae y Ponerinae las más numerosas, seguidas por los géneros con mayor número de especies como *Pheidole*, *Neivamyrmex* y *Strumigenys*.

Se registraron nuevas especies para la ciencia (*Strumigenys lojanensis*, *Strumigenys madrigalae* y *Protalaridris* n.sp), dos nuevos reportes de hormigas para el Ecuador (*Myrmelachista zeledoni*) y Sudamérica (*Neivamyrmex macrodentata*) y una especie registrada por primera vez desde los años 30 (*Simopelta manni*), siendo sitios importantes para investigación y conservación. La influencia de factores ambientales como el clima (principalmente la temperatura, humedad y precipitación), topografía y estado de conservación podrían ejercer una importante influencia en los patrones de diversidad de las hormigas.

El Madrigal y Arcoíris obtuvieron una diversidad intermedia según el índice Shannon y una dominancia de especies baja según el índice Simpson. La abundancia con base en a las frecuencias de especies mostró un predominio del género *Pheidole* e *Hypoponera*, lo que sugiere posiblemente un dominio sobre otras especies.

Los grupos funcionales con mayor cantidad de ejemplares en El Madrigal fueron cazadoras nomádicas, mientras que en Arcoíris fueron omnívoras crípticas y cazadoras epigeicas generalistas. Será importante realizar próximos estudios considerando la riqueza de especies con parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa, vegetación y conservación, lo cual permitirá evaluar su influencia en los patrones de diversidad de hormigas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Loja, por el financiamiento del proyecto y por otorgar los espacios de la institución como laboratorios para

realizar el estudio. Al Ing. Arturo Jiménez Director de la Reserva Ecológica Arcoíris, por facilitar el espacio para realizar la investigación. A la familia Tapia, por brindar las facilidades y el espacio para realizar la investigación en la Reserva Ecológica El Madrigal.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbea, I., y Blasco, J. (2001). *Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España)*. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 28(2001): 35-48.
- Bestelmeyer, B., Agosti, D., Alonso, E., Brand, C., Brown, W., Delabie, J., y Silvestre, R. (2000). *Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants: An Overview, Description, and Evaluation*. Pp. 122-144. En: D. Agosti., J. Majer., L. Alonso y T. Schultz (Eds) *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press
- Bolton, B. (2014). *An Online Catalog of the Ants of the World*. AntCat 5(6):14pp (en línea) URL: <http://www.antcat.org>.
- Borror, D., Triplehorn C., y Johnson, N. (1992). *Study of Insects*. Saunders College Publishing. Pensilvania, EEUU. 875 p.
- Branstetter, M. y Sáenz, L. (2012). *Biodiversidad de Guatemala: Las Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Guatemala*. Editorial: Cano B y C. Schuster. Publicado por Universidad del Valle de Guatemala. 50p.
- Brehm, G., Colwell, R., y Kluge, J. (2007). *The role of environment and mid-domain effect on moth species richness along a tropical elevational gradient*. Global Ecology and Biogeography 16(2):205-219.
- Brown, R. (1973). *A comparison of the Hylean and Congo-West African rain forest ant faunas*. Pp. 161-185. En: B. Meggers., E. Ayensu y W. Duckworth (Eds) *Tropical forest Ecosystems in Africa and South America: A comparative review*. Smithsonian Institution Press. Washington, EEUU.
- Brühl, C., Mohamed, M., y Linsenmair, K. (1999). *Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia*. Journal of Tropical Ecology 15(3):265-277.
- Bussmann, R. (2005). *Bosques andinos del Sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso*. Revista Peruana de Biología 12(2):203-216.
- Bussmann, R. (2006). *Manteniendo el balance de naturaleza y hombre: La diversidad florística andina y su importancia para la diversidad cultural-ejemplos del Norte de Perú y Sur de Ecuador*. Arneloa 13(2):382-397.
- Bustos, J., y Ulloa, P. (1997). *Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla Neotropical-Colombia*. Revista de Biología Tropical 45(1):259-266.
- Castillo, M., Cueva, D., Aguirre, N., y Gunter, S. (2007). *Propagación vegetativa de especies de la familia Podocarpaceae*. Bosques de Latitud Cero 1(3):3-5.
- Castro, S., Vergara, C., y Arellano, C. (2008). *Distribución de la riqueza, composición taxonómica y grupos funcionales de hormigas del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal en el refugio de vida silvestre Laquipampa Lambayeque-Perú*. Ecología Aplicada 7(1-2):89-103.
- Centro Integrado de Geomática Ambiental (CINFA). (2006). *Herbario Reinaldo Espinosa y Carrera de Ingeniería Forestal. 2006*. Estado de Conservación de Áreas Protegidas y Bosques Protectores de Loja y Zamora Chinchipe y Perspectivas de Intervención. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 586 p.
- Colwell, R., y Coddington, J. (1994). *Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation*. Philosophical Transactions of the Royal Society 345(1311):101-118.
- Colwell, R. 2009. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9.0. User's Guide and application. Disponible en: purl.oclc.org/estimates

- Cuesta F. y M. Becerra. (2012). *Biodiversidad y Cambio climático en los Andes: Importancia del monitoreo y el trabajo regional*. Revista Virtual REDESMA 6(1):876-976.
- Del Toro, I. (2013). *Diversity of eastern North American ant communities along environmental gradients*. Plos one 8(7):1-8.
- Dangles O., A. Barragán., R. Cárdenas., G. Onore y K. Keil. (2009). *Entomology in Ecuador: Recent developments and future challenges*. Annales de la Société entomologique de France. International Journal of Entomology 45(4):424-436
- Delsinne, T., y Arias, T. (2012). *Influencia de la humedad hojarasca en la eficiencia del método de Winkler para la extracción de hormigas*. Entomological Society of America 12(1):1-7.
- Delsinne, T., Arias, T., Jacquemin, J., Laurent, Y., Bachy, I., y Leponce, M. (2012). *Subfamilias y géneros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador*. URL: <http://hdl.handle.net/2013/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/138274>
- Emery, C. (1875). *Ueber hypogeische Ameisen*. Stettiner Entomologische Zeitung 37(1): 71-76.
- Estrada, C., y Fernández, F. (1999). *Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia)*. Revista de Biología Tropical 4(2):189-201.
- Feeley K. y M. Silman. (2010). *Biotic attrition from tropical forests correcting for truncated temperature niches*. Global Change Biology 16(6):1830-1836.
- Fisher, B. (1996). *Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Reserve Naturelle Integrale d'Andringitra, Madagascar*. Fieldiana Zoology 85(2):93-108.
- Fisher, B. (1999). *Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar*. Fieldiana Zoology 94(2): 129-147.
- Fisher, B. (2002). *Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Spéciale de Manongarivo, Madagascar*. Pp. 311-327. En: Gaultir L. y S. Goodman (Eds) Inventarie Floristique et Faunistique de la Réserve Spéciale de Manongarivo. Ambanja, Madagascar.
- Folgarait, P. (1998). *Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review*. Biodiversity and Conservation 7(9):1221-1244.
- Frith, D., y Frith, C. (1990). *Seasonality of litter invertebrate populations in an Australian upland tropical rainforest*. Biotropica 22(2):181-190.
- Gálvez, J., Ordoñez, O., y Bussmann, R. (2003). *Estructura del bosque montano perturbado y no-perturbado en el Sur de Ecuador Structure of disturbed and un disturbed mountain forests in Southern*. Lyonia 3(1):83-98.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Diversidad y estabilidad del agroecosistema*. Editorial LITOCAT Turrialba. Costa rica. 359 p.
- Gotelli y Colwell. (2001). *Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness*. Ecology Letters 4(4):379-391.
- Guerrero, R., y Sarmiento, C. (2010). *Distribución altitudinal de hormigas (Hymenóptera, Formicidae) en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Acta Zoológica Mexicana 26(2):279-302.
- Hölldobler, B., y Wilson, E. (1990). *The ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge. Massachusetts, EEUU. 896 pp.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. (2000-2010). Anuarios Meteorológicos. Quito, Ecuador.
- Kaspari, M. (2003). *Introducción a la ecología de las hormigas*. Pp. 97-112. En: Fernández F (Eds) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colombia.
- Kaspari, M. y Weiser, M. (2000). *Ant activity along moisture gradients in a Neotropical forest*. Biotropica 32(4):703-711.

- Kershaw M., Mace, G., y Willams, H. (1995). *Threatened status, rarity, and diversity as alternative selection measures for protected areas: a test using Afrotropical antelopes*. Conservation Biology 9(2):324-334.
- Kiss, K., y Brauning, A. (2008). *El bosque húmedo de montaña: Investigaciones sobre la diversidad de un ecosistema de montaña en el Sur del Ecuador*. Proyecto de la Fundación
- Lattke, J., y Aguirre, N. (2015). *Two New Strumigenys F. Smith (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) from Montane Forests of Ecuador*. Sociobiology y 62(2): 175-180.
- Lattke, J., y Rodríguez, E. (2012). *Diversidad de hormigas en un gradiente altitudinal de la Cordillera de La Costa, Venezuela (Hymenóptera:Formicinae)*. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 50(2012):295-304.
- Lattke, J., y Riera, M. (2012). *Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la hojarasca y suelo de selvas nubladas de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. Métodos en Ecología y sistemática 7(1):20-34.
- Levings, S. (1983). *Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy species distributions*. Ecological Monographs 53(4):435-455.
- Longino, J., y Colwell, R. (2011). *Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient*. Ecosphere 2(3):1-20.
- Magurran, A. (1998). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Editorial ilustrada, reimpresión. Oxford, EEUU. 256 p.
- Majer J., Orabi G., y Besivac, L. (2007). *Ants pass the bioindicator scorecard*. Myrmecological News 10:69-76.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Primera Edición. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Zaragoza, España. 89 pp.
- Narendra, A., G. Heloise., y Musthak, T. (2010). *Structure of ant assemblages in Western Ghats, India: role of habitat, disturbance and introduced species*. The Royal Entomological Society 4(2):132-141.
- Olson, D. (1991). *A Comparison of the efficacy of litter sifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a Tropical Wet Forest, Costa Rica*. Biotropica 23(2):166-172.
- Olson, D. (1994). *The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient*. Journal of Tropical Ecology 10(2):129-150.
- Paredes, J., Arias, M., Flowers, W., Medina, M., Herrera, P., y Peralta, E. (2011). *Medición de la Biodiversidad Alfa de Insectos en el Bosque "Cruz del Hueso" de Bucay, Guayas-Ecuador*. Revista Lyonia 5(6):234-267.
- Perfecto, I. (1991). *Ants (Hymenoptera, Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua*. Entomological society of America 84(1): 65-70.
- Ribas, C., Campos, R., Schmidt, F., y Solar, R. (2012). *Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs*. Psyche 2012:1-23. (en línea) URL: <http://www.hindawi.com/journals/psyche/2012/636749>
- Romero, H y Jaffe, K. 1989. *A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in savannas*. Biotropica 21(4):348-352.
- Wild, A. (2007). *Taxonomic Revision of the Ant Genus Linepithema (Hymenoptera: Formicinae)*. Entomology. London, EEUU.158 p.