

# Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres

Mauricio Aguilar-Garavito  
Wilson Ramírez  
Editores



////////////////////

# ANEXOS

////////////////////



**ANEXO 1.** Valoración de éxito para cada zona de intervención o unidades de actuación según los atributos propuestos por SER (2004).

<b>Atributos de valoración SER (2004)</b>	<b>Tipo de dato tomado en campo para vegetación</b>	<b>Método de análisis</b>
Las áreas intervenidas contienen un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad	Número de especies e individuos por parcela	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Riqueza y diversidad alfa y beta.</li> <li>· Comparación de estructura y composición respecto al sistema de referencia.</li> <li>· Proporción de cambio a en tiempo.</li> <li>· Tasa de disminución de especies invasoras/m<sup>2</sup></li> </ul>
Las áreas intervenidas presentan especies autóctonas hasta el grado máximo factible	Número de especies e individuos por parcela	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Riqueza y Diversidad alfa y beta.</li> <li>· Comunidad dominante.</li> <li>· Proporción de cambio en el tiempo.</li> <li>· Cobertura de especies invasoras vs. coberturas nativas</li> </ul>
Todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo o la estabilidad continua de las áreas intervenidas se encuentran representados, de lo contrario, los grupos faltantes tienen el potencial de colonizar por medios naturales	Número de especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Riqueza y Diversidad alfa y beta.</li> <li>· Comunidad dominante.</li> <li>· IVI e IPF.</li> <li>· Tasa de reclutamiento, sobrevivencia de plántulas, especies reclutadas y tipo de regeneración (semilla o rebrote).</li> <li>· Proporción de cambio en tiempo.</li> <li>· Estructura de la comunidad vegetal</li> </ul>
En el ambiente físico las áreas intervenidas tienen la capacidad de sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada	Número de especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura y estado fenológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Tasa, especies e individuos por especies en floración y fructificación.</li> <li>· Tasa de reclutamiento y especies reclutadas.</li> <li>· Tasa de germinación de las especies plantadas.</li> <li>· Sobrevivencia de las especies plantadas y de las especies invasoras.</li> <li>· Tasa de germinación de especies invasoras.</li> <li>· % de cobertura de especies invasoras</li> </ul>
Las áreas intervenidas aparentemente funcionan normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no hay señales de disfunción	Número de especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura y estado fenológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estructura de la comunidad invasoras.</li> <li>· % de cobertura de invasoras.</li> <li>· Tasa de reclutamiento y especies reclutadas.</li> <li>· Sobrevivencias de las especies reclutadas.</li> <li>· Tasa de germinación de invasoras</li> </ul>
El ecosistema restaurado se ha integrado adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos	Especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura y estado fenológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estructura de la comunidad vegetal.</li> <li>· Tasa de reclutamiento y especies reclutadas.</li> <li>· Sobrevivencia de las especies reclutadas.</li> <li>· Diversidad alfa y beta</li> </ul>

Atributos de valoración SER (2004)	Tipo de dato tomado en campo para vegetación	Método de análisis
Se han eliminado o reducido, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje que lo rodea	Número de especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura y estado fitosanitario	<ul style="list-style-type: none"> <li>· % de cobertura de invasoras.</li> <li>· % de nuevas áreas quemadas.</li> <li>· % de individuos por especie afectados por problemas fitosanitarios</li> </ul>
El ecosistema restaurado tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema	Número de especies e individuos por parcela, DAP, cobertura, altura y estado fitosanitario	<ul style="list-style-type: none"> <li>· % de cobertura de invasoras.</li> <li>· % de individuos por especie afectados por problemas fitosanitarios.</li> <li>· Tasa de reclutamiento y especies reclutadas.</li> <li>· Supervivencia de las especies reclutadas.</li> <li>· Diversidad alfa y beta</li> </ul>
El ecosistema restaurado es autosostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes	Estructura, composición y función	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Diversidad alfa y beta.</li> <li>· % de similitud</li> </ul>

**ANEXO 2.** Listado de indicadores que contemplan los niveles de organización de la biodiversidad y criterios de composición, estructura, función y socio económicos, elaborada a partir de Noss (1990), Norton y Hobbs (1996), Higg 1997, Aronson y Flocc (1996), Choi (2004), Ruiz-Jaén y Aide (2005a, b) (2006), Herrick *et al.* (2006), Hobbs (2003) (2007), Clifford y Taylor (2008), Aronson *et al.* (2010), Barrera-Cataño *et al.* (2010), Thorpe y Stanley (2011) y Wortley *et al.* (2013).

Criterios (atributos ecosistémicos y de la biodiversidad)	Indicadores escala del paisaje	Indicadores para comunidades y ecosistemas	Indicadores para especies
Funcionamiento	Regímenes de disturbios (tipo, área, origen, frecuencia, predictibilidad, intensidad, magnitud, etc.)	Disponibilidad hídrica y Eficiencia en la interpretación y uso de las aguas pluviales	Procesos demográficos
		Temperatura y humedad relativa sobre el suelo	
	Tasas de ciclado de nutrientes, flujo de energía	Eficiencia en el uso de nutrientes (N y P)	
		Aporte de nutrientes: K, Ca, N, P, Mg	
		Desnitrificación	
		Captura de carbono	
Tasas de cambio de los elementos del paisaje	Capacidad de intercambio catiónico	Fisiología	
	Micorrización		
		Producción de hojarasca y de materia orgánica	

Criterios (atributos ecosistémicos y de la biodiversidad)	Indicadores escala del paisaje	Indicadores para comunidades y ecosistemas	Indicadores para especies
Funcionamiento	Tasas de erosión	Contenido de materia orgánica y de nutrientes del sustrato	Historias de Vida
	Procesos geomorfológicos e hidrológicos	Herbivoría, parasitismo, depredación	Tasas de crecimiento
	Tendencias de uso del paisaje	Productividad de biomasa y densidad de madera. Productividad primaria neta	Fenología
		Tasas de colonización o extinción local	Tasa de adaptación
		Dispersión de semillas y polinización	
		Recambio de especies y ensamble de poblaciones en el tiempo	
Composición	Identificación de tipos de elementos del paisaje	Riqueza, abundancia, frecuencia y diversidad de familias, géneros y especies y gremios	Riqueza y diversidad de especies
	Distribución de elementos del paisaje	Proporción de especies endémicas, nativas exóticas y amenazadas	Riqueza de especies anuales frente a especies perennes
		pH del suelo, densidad, fósforo total, nitrógeno, carbono orgánico, calcio, potasio, magnesio, cationes intercambiables de Ca, K y Mg Riqueza y abundancia de fauna edáfica	
	Patrones colectivos de distribución de especies	Curvas de dominancia y diversidad	Frecuencia y abundancia absoluta o relativa
		Riqueza y viabilidad del banco de semillas	Sobrevivencia
		Riqueza, abundancia y diversidad de plántulas de especies o grupos funcionales de interés	
		Diversidad local frente diversidad regional	Cobertura
		Proporción de formas de vida	Diversidad biológica edáfica
	Coeficientes de similaridad	Presencia de especies clave	
Estructura	Heterogeneidad del paisaje	Biomasa epigea o hipogea	Dispersión
	Conectividad y fragmentación	Espectro de biotipos	Estructura poblacional

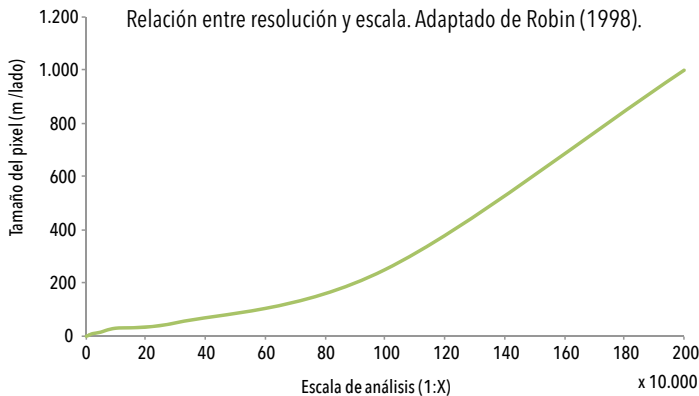
Criterios (atributos ecosistémicos y de la biodiversidad)	Indicadores escala del paisaje	Indicadores para comunidades y ecosistemas	Indicadores para especies
Estructura	Relación perímetro área	Número de individuos	Variabilidad morfológica
	Tamaño	DAP, cobertura, altura de la vegetación e índices estructurales (IVI, IPF) o fitosociológicos	
	Configuración espacial y patrones de distribución del hábitat	Disponibilidad de recursos	
	Frecuencia y distribución de unidades de paisaje	Abundancia y distribución de poblaciones Densidad de follaje	

**ANEXO 3.** Guía para la selección de imágenes satelitales más usuales y disponibles en proyectos de restauración a escala del paisaje

Sensor/imagen	Resolución espacial	Resolución espectral	Escala max. aprox.	Capacidad estéreo	Compra mínima	Año
WorldView 2	0,5/1,8 m	8 bandas	1:2.500	Sí	25 km <sup>2</sup>	2009
WorldView 1	0,5 m	1 banda	1:2.500	Sí	25 km <sup>2</sup>	2007
QuickBird	0,6/2,4 m	4 bandas	1:3.500	-	25 km <sup>2</sup>	2002
Ikonos 2	1/2m	5 bandas	1:3.500	Sí	11 km <sup>2</sup>	1999
SPOT 5	2,5/5/10 m	4 bandas	1:10.000	Sí	Por escena	2002
SPOT 6	2,2/8,8 m	5 bandas				2012
RapidEye (5 satélites)	6 m	5 bandas	1:15.000	-	500 km <sup>2</sup>	2008
TerraSar X (Radar)	1 - 16 m	Banda X, Polarimetría HH, VV, HV, VH	1:6.000	Sí	Por escena	2007
RadarSar 2 (Radar)	3 - 100 m	Banda C, Polarimetría: HH, VV, HV, VH	1:15.000	Sí	Por escena	2008
ASTER **	15/30/90 m	4 + 6 + 5 bandas	1:50.000	Sí	Gratuito	1999
Landsat 5 TM*	30/120 m	6 + 1 bandas	1:75.000	No	Gratuito	1984
Landsat 7 ETM+	15/30 m	6 + 1 bandas	1:50,000/1:100.000	No	Gratuito	1993
Landsat 8 LDCM	15/30/100 m	8 + 2 bandas	1:50,000/1:100.000	No	Gratuito	2013
TERRA-MODIS	500/1 km	36 bandas	1:500.000/1:1.000.000	No	Gratuito	
ALOS-PRISM/AVNIR	2,5/10 m	4 + 1 bandas	1:10.000	Sí	Por escena	2006
NOAA-AVHRR	1,1/4km	4 bandas	1:1.000.000	No	Gratuito	1960

\* Dejó de tomar imágenes nuevas en noviembre 2011. \*\* El sensor de infrarrojos no está operativo.

Resolución espacial (metros)	Características
0,65 - 5	Permite diferenciar tipos de cobertura (árboles, arbustos y algunas herbáceas, forma del terreno, características de los doseles)
10 - 15	Elaboración de mapas a escala de detalle. También es posible individualizar árboles, estructuras antropizadas, drenajes menores, procesos de reforestación, monitoreo de contaminación y peligros naturales, planeamiento, uso y cobertura del suelo
20 - 30	Identificación de regiones urbanas, estructuras antrópicas, seguimiento de agricultura, estudios oceánicos y costeros. Identificación de grandes áreas forestales y programas de forestación, estudios de cambio de uso de la tierra e identificaciones de lineamientos geológicos
> 100	Mapas de estructuras geológicas regionales, mapas de grandes vías hidrográficas y extensas áreas forestales y agrícolas. Programas de conservación de especies marinas, investigación de la atmósfera, predecir cambios ambientales en la atmósfera, océanos, costas y grandes lagos



**ANEXO 4.** Cambios en la riqueza de especies de hormigas según los usos del suelo en diferentes paisajes de Colombia. (En todos los casos el número de trampas corresponde a las trampas instaladas por sitio de muestreo o replica)

Tipo de paisaje y localización	# total especies (gamma)	Usos del suelo	Número de especies (alfa)	Máxima pérdida de especies	Métodos de muestreo	Referencia
Región Caribe						
Fragmentos de bosque seco tropical de Piojó, Tubará y Barranquilla (Atlántico). 75-400 m y 30°C	21*	Bosque secundario Piojó	17	59 %	15 trampas de caída, 15 cebos de atún y colecta manual	Dominguez-Haydar <i>et al.</i> 2008
		Cultivos mixtos de palma, plátano, mango y guanabana	15			
		Bosque secundario (matorral) Tubará	12			
		Potreros	11			
		Bosque subxerófilo Barranquilla	8			
		Cultivos de frutales temporales	7			

Tipo de paisaje y localización	# total especies (gamma)	Usos del suelo	Número de especies (alfa)	Máxima pérdida de especies	Métodos de muestreo	Referencia
Región Andina						
Paisaje cafetero (Risaralda) 1.500-2.000 m 15.8°C	96	Bosque continuo	74	45 %	10 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca y colecta manual	Zabala <i>et al.</i> 2013
		Parche de bosque	49			
		Café de sol	41			
Cuenca media del Río La Vieja, Valle del Cauca y Quindío. 990-1.760 m 20°C	227	Bosques secundarios	127	56 %	40 trampas de caída, 40 cebos arbóreos, 40 cebos epigeos	Rivera <i>et al.</i> 2013
		Plantación de bambú	96			
		Frutal (monocultivo cítricos)	114			
		Pasturas con árboles alta densidad	123			
		Cercas vivas	115			
		Silvopastoril intensivo de leucaena	89			
		Pastura sin árboles	55			
Paisaje heterogéneo en Caldono, (Cauca). 1.335-1.550 m 21,5°C	82	Bosques secundarios	56	41 %	20 trampas de caída, 20 cebos de atún	Urrutia & Armbrrecht, 2013
		Cafetales de sombra	60			
		Cafetales de sol	33			
Fragmentos de bosque seco y sus matrices (Tolima). 286-658 m 24°C	17*	Bosque secundario	13	53 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Yara y Reinoso 2012
		Matorrales	11			
		Matrices: cultivos anuales y transitorios de arroyo y maíz	6			
Valle interandino del Río Cauca (Risaralda, Valle y Cauca). 900-1100 m 24°C	215	Bosque secundario	160	81 %	Revisión, diferentes estudios con diferentes métodos	Chacón de Ulloa <i>et al.</i> 2012
		Bosque de galería	66			
		Guadual	60			
		Potrero	61			
		Caña de azúcar	46			
		Forestal-pino	30			
Cuenca media del río Chambery (Caldas) Paisajes ganaderos. 1.700-2.100 m 14-20°C	23*	Bosque maduro	19	47 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Abadía <i>et al.</i> 2010**
		Bosque secundario	20			
		Corredor ripario	18			
		Pastizal	10			
Bosque húmedo subtropical, paisaje heterogéneo (El Dovio -Valle). 1.450-1.850 m 19°C	68	Bosques secundarios	29	37 %	20 trampas de caída, 20 cebos de atún	Ramírez Ramírez <i>et al.</i> 2009
		Sucesión temprana	29			
		Silvopastoril ganado con guayabos	31			
		Cafetales de sombra con <i>Inga</i>	30			
		Banco de forrajes	22			
		Granadilla	18			



Tipo de paisaje y localización	# total especies (gamma)	Usos del suelo	Número de especies (alfa)	Máxima pérdida de especies	Métodos de muestreo	Referencia
Cuenca media del río Nima (Valle). Paisaje ganadero 1.700-2.100 m 14-20°C	29*	Bosque continuo	19	52 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Pereira 2008**
		Bosque ripario (cañadas)	21			
		Fragmentos de bosque	18			
		Plantación de ciprés	12			
		Café de sombra	9			
		Pastizales	11			
Reserva Forestal Bremen-La Popa (Quindío). 1.700 m 7,4-21,5°C	13*	Bosque	13	69 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Chaves <i>et al.</i> 2008**
		Pastizal	4			
	58	Bosque	48	48 %		Chaves 2003**
		Pastizal	25			
Paisaje Cafetero del Cairo (Valle). 1.200-1.800 m 9-18°C	24*	Bosque secundario	13	53 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	
		Café con sombra	13			
		Café con sombra en cañada	15			
		Caña panelera	7			
		Potrero con rastrojo	11			
		Potrero limpio	6			
Paisaje Cafetero de Támesis (Antioquia). 1.200-1.800 m 21°C	30*	Rastrojo alto	15	46 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Gracia-Cárdenas <i>et al.</i> 2008**
		Café con sombra	22			
		Café de sol (a libre exposición)	8			
		Cerca viva	16			
		Potrero arbolado	17			
		Potrero con rastrojo	13			
Paisaje Cafetero de Pinchote, Paramo y Socorro (Santander). 1.200-1.800 m 18-24°C	20*	Rastrojo alto	14	21 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	
		Café con sombra	13			
		Cerca viva	12			
		Potrero arbolado	13			
		Potrero con rastrojo	11			
Elementos del paisaje del Bosque seco (Valle). 900-1.100 m 24°C	22*	Bosque	16	56 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Arcila <i>et al.</i> 2008**
		Bosque ripario (galería)	14			
		Guadua	14			
		Caña	7			
		Potrero	7			
Región de Porce (Antioquia). 945-1.045 m 22,1-33,4°C	35*	Bosque	26	42 %	12 trampas de caída, 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca y muestreo manual	Serna y Vergara-Navarro 2008
		Rastrojo alto	23			
		Rastrojo bajo	20			
		Pastizal	15			

Tipo de paisaje y localización	# total especies (gamma)	Usos del suelo	Número de especies (alfa)	Máxima pérdida de especies	Métodos de muestreo	Referencia
Cuenca media del cañón del río Barbas (Quindío). Paisaje ganadero 1.700–2.100 m 14–20°C	94	Bosque continuo	63	62 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Mendoza <i>et al.</i> 2007**
		Fragmentos de bosque	42			
		Bosque ripario (cañadas)	50			
		Plantaciones forestales	36			
		Pastizales	24			
Paisaje Cafetero de Apía (Risaralda). 1.405–1.885 m 20°C	83	Bosque	37	29 %	colecta manual de nidos en 40 parcelas. Experimento de nidificación	Armbrecht <i>et al.</i> 2006
		Café con sombra poligenéricos	30			
		Café con sombra Monogenéricos	30			
		Café de sol (a libre exposición)	26			
Paisajes cafeteros Risaralda. 1.400–1.700 m 19°C 1.500 m 20°C	115	Bosques secundarios	32	25 %	10 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca y colecta manual en suelo y arbustos	Armbrecht <i>et al.</i> 2005
		Cafetales de sombra poligenérica	37			
		Cafetales de sombra monogenérica	26			
		Cafetales de sol	24			
Cuenca media del río Otún (Risaralda). Santuario de Flora y Fauna Otún-Quimbaya 1.700–2.100 m 14–20°C	76	Bosque continuo	69	43 %	12 trampas de caída y 12 extracciones de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca	Jiménez y Lozano-Zambrano 2005**
		Plantaciones forestales	39			
Bosque seco, El Cerrito, Valle del Cauca, Reserva Natural "El Hatico"	62	Fragmento de bosque	38	44 %	20 trampas de caída, 20 cebos de atún	Ramírez y Enríquez 2003
		Sistema silvopastoril con algarrobo	35			
		Sistema silvopastoril con leucaena	21			
Reserva Natural La Planada (Nariño). 1.850 m 4.742 mm 13,2–25,3°C	63	Bosque maduro	22	23 %	Trampas de caída, cebos píceos y arbóreos y colecta manual	Estrada y Fernández 1999
		Bosque entresacado	26			
		Bosque de 20 años	22			
		Bosque de 10 años	20			
		Pastizal en regeneración de 3 años	25			
		Pastizal	22			

Tipo de paisaje y localización	# total especies (gamma)	Usos del suelo	Número de especies (alfa)	Máxima pérdida de especies	Métodos de muestreo	Referencia
PNN Farallones de Cali (Valle). Reserva Hato Viejo 2.300 m 12-20°C	25	Bosque primario	20	55 %	Colecta manual sobre suelo y vegetación, hojarasca procesada con embudo de Berlese-Tulgren y cebos con sardina	Bustos y Ulloa-Chacón, 1996-97
		Bosque secundario	14			
		Potrero >10 años de regeneración	9			
Región Pacífica						
Cuenca media del río Calima. Río Azúl y Río Blanco (Valle). 550-850 m	227	Bosque maduro (RA)	146	32 %	10 trampas de caída y 10 cebos en cada estrato: epigeo, hipógeo y arboreo	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
		Bosque secundario	160			
		Hidroeléctrica Calima	109			
Región Amazónica						
Piedemonte (Caquetá). 200-400 m 18-36°C	35*	Agroforestal	24	67 %	Método TSBF (Tropical soil biology and fertility), escrutinio de 1 m <sup>2</sup> de hojarasca y suelo, formol al 5 % en un cuadrante de 50 cm, y colecta manual	Sanabria-Blandón & Chacón de Ulloa 2011
		Silvopastoril	19			
		Tradicional	8			
Región Orinoquia						
Sistemas productivos (Meta). 200 m 26°C	92	Pastizal	52	62 %	Método TSBF (Tropical soil biology and fertility)	Sanabria <i>et al.</i> 2012
		Sabana nativa	45			
		Caucho	43			
		Palma africana	38			
		Cultivos anuales	20			
Región Insular						
Parque Nacional Natural Gorgona (Cauca) 0-340 m 27°C	57	Playa Blanca	28	39 %	10 trampas de caída y 10 cebos con sardina en cada estrato: epigeo, arboreo y captura manual	Valdés <i>et al.</i> 2014 (muestreo de 2010)
		Playa Palmeras	25			
		El Acueducto	18			
		Cerro Trinidad	17			
		Sendero La Chonta	15			
		El Poblado	15			
		Playa Yundigua	11			

\*Grupo de hormigas cazadoras. \*\*Protocolo para hormigas del suelo en paisajes rurales IAvH.

**ANEXO 5.** Cambios en la riqueza de especies de hormigas según los usos del suelo en diferentes paisajes de Colombia. (En todos los casos el número de trampas corresponde a las trampas instaladas por sitio de muestreo o replica).

Elemento del paisaje	Especie	Región natural						Indicadora	Referencia bibliográfica
		Caribe	Andina	Pacífica	Orinoquia	Amazonia	Insular		
Bosque primario	<i>Acanthoponera mucronata</i>			X				(+)	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Belonopelta deletrix</i>			X				(+)	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Cyphomyrmex cornutus</i>			X				(+)	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Dolichoderus shattucki</i>			X				(+)	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Heteroponera monticola</i>		X					(+)	Chaves <i>et al.</i> 2008
	<i>Labidus spininodis</i>		X					(+)	Bustos y Ulloa-Chacón 1996-97
	<i>Odontomachus cornutus</i>			X				(+)	Aldana y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Stigmatomma orizabanum</i>		X					(+)	Chaves <i>et al.</i> 2008
	<i>Acanthognathus brevicornis</i>		X					(+)	Armbrrecht y Chacón de Ulloa 1999
	<i>Apterostigma calverti</i>					X		(+)	Sanabria 2011
<i>Crematogaster abstinens</i>					X		(+)	Sanabria 2011	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona <i>et al.</i> (en prep)	
<i>Discothyrea horni</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona <i>et al.</i> (en prep)	
<i>Ectatomma tuberculatum</i>						X	(+)	Sanabria 2011	
<i>Gnamptogenys bisulca</i>		X					(+)	Jiménez <i>et al.</i> 2008, Zabala <i>et al.</i> 2013	
<i>Heteroponera monticola</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona <i>et al.</i> (en prep)	
<i>Hypoponera creola</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona <i>et al.</i> (en prep)	
<i>Labidus praedator</i>						X	(+)	Sanabria 2011	
<i>Odontomachus scalptus</i>						X	(+)	Sanabria 2011	
<i>Pachycondyla aenescens</i>		X					(+)	Abadía <i>et al.</i> 2010, Jiménez <i>et al.</i> 2008	
<i>Pachycondyla crassinoda</i>						X	(+)	Sanabria 2011	
<i>Pachycondyla becculata</i>		X					(+)	Jiménez <i>et al.</i> 2008	
<i>Pachycondyla impressa</i>						X	(+)	Sanabria 2011	

Elemento del paisaje	Especie	Región natural						Indicadora	Referencia bibliográfica
		Caribe	Andina	Pacífica	Orinoquia	Amazonia	Insular		
Bosque secundario	<i>Paraponera clavata</i>					X	X	(+)	Sanabria 2011, Valdés-Rodríguez et al. 2014
	<i>Pheidole pygmaea</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona et al. (en prep)
	<i>Trachymyrmex bugnioni</i>		X			X		(+)	Sanabria 2011
	<i>Gnaptogenys bisulca</i>		X					(+)	Abadía et al. 2010, Jiménez et al. 2008
	<i>Pachycondyla constricta</i>		X					(+)	Arcila-Cardona et al. 2008, Achury et al. 2012
	<i>Pachycondyla aenescens</i>		X					(+)	Jiménez et al. 2008, Herrera 2012
	<i>Strumigenys gemella</i>		X					(+)	Jiménez-Carmona et al. (en prep)
	<i>Atta cephalotes</i>		X					(-)	Escobar-Ramírez et al. 2012
	<i>Cyphomyrmex major</i>							(-)	Escobar-Ramírez et al. 2012
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>				X			(-)	Sanabria et al. 2012
Pastizal/potrero	<i>Ectatomma ruidum</i>	X	X		X			(-)	Abadía et al. 2013, Arcila-Cardona et al. 2008, Sanabria 2011, Escobar-Ramírez 2012, Henao-Gallego et al. 2012
	<i>Heteroponera microps</i>		X					(-)	Abadía et al. 2010
	<i>Linepithema pilliferum</i>		X					(-)	Jiménez-Carmona et al. (en prep)
	<i>Monomorium pharaonis</i>				X			(-)	Sanabria et al. 2012
	<i>Odontomachus brunneus</i>					X		(-)	Sanabria-Brandón y Chacón de Ulloa 2011
	<i>Solenopsis geminata</i>		X					(-)	Escobar-Ramírez 2012, Escobar-Ramírez et al. 2012, Henao-Gallego et al. 2012, Achury et al. 2012
	<i>Odontomachus erythrocephalus</i>		X					(-)	Abadía et al. 2010
	<i>Wasmania sigmoidea</i>					X		(-)	Sanabria 2011
	<i>Atta cephalotes</i>							(-)	Montoya et al. 2006
	<i>Ectatomma ruidum</i>		X					(-)	Calle et al. 2013
Zonas disturbadas	<i>Linepithema angulatum</i>							(-)	Calle et al. 2013

Elemento del paisaje	Especie	Región natural						Indicadora	Referencia bibliográfica
		Caribe	Andina	Pacífica	Orinoquia	Amazonia	Insular		
Zonas disturbadas	<i>Nylanderia fulva</i>		X					(-)	Chacón de Ulloa et al. 2012
	<i>Pheidole susannae</i>		X					(-)	Chacón de Ulloa et al. 2012
	<i>Solenopsis geminata</i>	X	X				X	(-)	Abadía et al. 2013, Chacón de Ulloa et al. 2012, Valdés-Rodríguez et al. 2014
Silvopastoril	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	X	X					(-)	Abadía et al. 2013, Chacón de Ulloa et al. 2012
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	X	X				X	(-)	Abadía et al. 2013, Ambrecht y Ulloa-Chacón 2003, Valdés-Rodríguez et al. 2014
	<i>Brachymyrmex longispina</i>				X			(+)	Sanabria 2011
Agroforestal	<i>Camponotus similimus indianus</i>					X		(+)	Sanabria 2011
	<i>Crematogaster nigropilosa</i>				X			(+)	Sanabria 2011
	<i>Paraponera clavata</i>					X		(+)	Sanabria-Brandón y Chacón de Ulloa 2011
Cultivos anuales	<i>Acanthostichus sanchezorum</i>				X			(+)	Sanabria et al. 2012
	<i>Crematogaster snellingi</i>				X			(+)	Sanabria et al. 2012
	<i>Hypoponera opacior</i>				X			(+)	Sanabria et al. 2012
Zonas en regeneración	<i>Neivamyrmex punctaticeps</i>				X			(+)	Sanabria et al. 2012
	<i>Hypoponera punctatissima</i>				X			(-)	Sanabria et al. 2012
	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>				X			(-)	Sanabria et al. 2012
Zonas en restauración	<i>Wasmannia auropunctata</i>		X					(-)	Achury et al. 2012
	<i>Heteroponera inca</i>		X					(+)	Calle et al. 2013
	<i>Labidus praedator</i>		X					(+)	Bustos y Ulloa-Chacón 1996-97
Zonas en proceso de restauración	<i>Octostruma balzani</i>							(+)	Calle et al. 2013
	<i>Gnamptogenys bisulca</i>		X					(+)	Herrera 2012, Jiménez-Carmona et al. (en prep)

## ANEXO 6. Fichas de hormigas

**Ficha:** *Gnamptogenys bisulca* (Kempf y Brown 1968)

**Descripción:** hormigas pequeñas, aproximadamente 2 mm, color marrón oscuro a café rojizo, presentan costillas o estrías longitudinales en la cabeza y a lo largo de todo su cuerpo. Presenta dos suturas en la parte dorsal del tórax, las suturas pro y mesonotal que interrumpen las estrías y formando un surco angosto delimitado por las dos suturas (de ahí su nombre: bisulca) (Lattke *et al.* 2008) Foto 1 a y b.

**Distribución:** se distribuye en los Andes desde los 1.000 hasta los 2.000 m.s.n.m, asociada principalmente a bosques húmedos andinos, subandinos, bosque de transición y bosque seco. Registrada para los departamentos de Caldas, Chocó, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (Lattke *et al.* 2008, Lozano-Zambrano *et al.* 2008).

**Hábitat y ecología:** habita en la hojarasca, tiene una fuerte preferencia por hábitats boscosos, bosques riparios con el 43 y 40 % de las capturas respectivamente, también se ha reportado en plantaciones forestales, cafetales con sombra, cercas vivas multiestrato, en fragmentos pequeños de 5 a 10 ha y en áreas en proceso de restauración de 8 años de suelos provenientes de plantaciones forestales se reporta el 7 % de las capturas. Es una hormiga cazadora solitaria, de comportamiento críptico (tiende a quedarse quieta, hacerse la muerta y encorvarse cuando es observada). Anida casi exclusivamente en ramas pequeñas, de aproximadamente 2 cm de diámetro. Presenta nidos pequeños con aproximadamente 30 individuos, cerca del 12 % de los nidos revisados presentan hembras ergatoides (hembras no aladas) (Jiménez-Carmona *et al.* b. en prep).

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) facilidad para detectarlas en campo: ya que anida en ramitas, la búsqueda de esta especie puede hacerse a través de la observación directa del interior de las ramas que se encuentran en la hojarasca; 2) fácil identificación: esta especie se caracteriza por presentar dos suturas fuertemente marcadas en el promesonoto, las cuales pueden ser visualizadas en campo usando una lupa de 20X. (Puede confundirse con *G. dichotoma*); 3) aunque es una especie con una alta preferencia por hábitats boscosos, también se puede encontrar presente en sistemas productivos con árboles, en estos sistemas su abundancia disminuye en comparación con el bosque.

**Métodos:** se recomienda hacer colecta manual usando un transecto de 12 estaciones separadas cada 10 m, en cada estación se colectarán todas las ramitas que se encuentren en un área de 1 m<sup>2</sup>, posteriormente se abre cada ramita

y durante 15 minutos se revisa el interior de estas para encontrar los nidos, cada nido de cada ramita debe colectarse por separado en tubos eppendorf preferiblemente con alcohol al 96 % para preservar su ADN (Figura 36).

**Ficha:** *Pachycondyla aeneszens* (Mayr 1870)

**Descripción:** hormigas grandes, de aproximadamente 9 mm, de color negro, densamente rugulosa, punteada y opaca en cabeza y tórax, abdomen brillante y finamente punturado, en contraste con la luz se puede observar tonalidades metálicas purpúreas en el abdomen. Presenta hombro pronotal con una carena, el mesonoto forma una convexidad separada del pronoto y propodeo (MacKay *et al.* 2008) Foto 2.

**Distribución:** se distribuye en los Andes desde los 700 hasta los 2.130 m.s.n.m, asociada principalmente a bosques húmedos andinos, subandinos, bosque de transición y bosque seco, también ha sido observada en bosques riparios plantaciones de urapán, roble, pino, eucalipto, cultivos de café y en potreros. Registrada para los departamentos de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (MacKay *et al.* 2008, Lozano-Zambrano *et al.* 2008).

**Hábitat y ecología:** forrajera activa de la hojarasca, tiene una fuerte preferencia por los hábitats boscosos con el 37 % al 44 % de las capturas asociadas a bosques y bosques riparios respectivamente, en fragmentos de bosque de 5 a 10 ha se ha encontrado en el 11 % de las capturas, también se ha reportado en plantaciones forestales, cafetales con sombra, cercas vivas multiestrato y en áreas en proceso de restauración de 7 años con el 6 % de las capturas, ocasionalmente ha sido colectada en potreros con porcentajes  $\leq$  1 %. Es una hormiga cazadora solitaria, tiende a moverse rápido y se oculta en la hojarasca cuando es observada. Anida en el suelo, a una profundidad de 15 a 20 cm, presenta nidos grandes muy agresivos al ser disturbadas (Jiménez-Carmona *et al.* en prep).

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) facilidad para detectarlas en campo: es frecuente observarla forrajeando sobre la hojarasca y troncos en descomposición, la búsqueda de esta especie puede hacerse a través de la observación directa la hojarasca y bordes de camino dentro del bosque; 2) fácil identificación: su gran tamaño hace que se puedan visualizar sus caracteres en campo usando una lupa de 20X; 3) aunque es una especie con una alta preferencia por hábitats boscosos, también se puede encontrar presente en sistemas productivos con árboles, en estos sistemas su abundancia disminuye en comparación con el bosque.

**Métodos:** las trampas de caída son apropiadas para coleccionar esta especie, de 262 capturas el 76 % de éstas fueron con trampas de caída (Figura 33), por lo tanto se recomienda hacer un transecto de 12 estaciones separadas cada 10 m, en cada estación la trampa de caída, ya que estas hormigas son muy activas sobre la hojarasca, este método se puede complementar con la colecta manual, las hormigas colectadas se guardan por estación y por método de captura en tubos eppendorf preferiblemente con alcohol al 96 % para preservar su ADN.

**Ficha:** *Pachycondyla becculata* (MacKay y MacKay 2010)

**Descripción:** hormigas pequeñas de aproximadamente 5,5 a 7 mm, de color negro, con apéndices café y mandíbulas café rojizo, el borde anterior del clipeo presenta un diente medial, ojos muy pequeños (MacKay y MacKay 2010) Foto 3 a y b.

**Distribución:** se distribuye en los Andes desde los 639 hasta los 2.625 m.s.n.m, asociada bosques húmedos andinos, subandinos, bosque de transición, bosque seco y llanura del pacífico, también ha sido observada cultivos de café con sombra, cercas vivas, potreros con rastrojo, rastrojo alto y en áreas restauradas de 7 años de suelos que fueron plantaciones forestales. Registrada para los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda, Santander y Valle del Cauca (García-Cárdenas *et al.* 2008, Jiménez *et al.* 2008, Lozano-Zambrano *et al.* 2008, Zabala *et al.* 2008).

**Hábitat y ecología:** forrajera activa de la hojarasca, tiene una fuerte preferencia por hábitats boscosos, presentando el 55 % de las capturas en bosques, 32 % en bosque riparios, 6 % en fragmentos de 5 a 10 ha, y el 5 % en áreas restauradas de 7 años de suelos que fueron plantaciones forestales. Es una hormiga cazadora solitaria, tiende a moverse rápido y se oculta en la hojarasca cuando es observada. Anida en el suelo, a una profundidad de 15 a 20 cm, presenta nidos grandes muy agresivos al ser disturbadas (Jiménez-Carmona *et al.* en prep).

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) fácil identificación: su pequeño tamaño y la presencia del diente clipeal la separa fácilmente de otras especies del género se puede visualizar sus caracteres en campo usando una lupa de 20X; 2) aunque es una especie con una alta preferencia por hábitats boscosos, también se puede encontrar presente en sistemas productivos con árboles, en estos sistemas su abundancia disminuye en comparación con el bosque.

**Métodos:** para esta especie el Winkler es el mejor método para detectarla, cerca del 90 % de las capturas fueron

realizadas con este método (Figura 34), para coleccionar esta especie se recomienda hacer un transecto de 12 estaciones separadas cada 10 m, en cada estación extraer y cernir 1 m<sup>2</sup> de hojarasca usando el método Winkler. Las hormigas colectadas se guardan por estación en tubos Eppendorf preferiblemente con alcohol al 96 % para preservar su ADN.

**Ficha:** *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola 1851)

**Descripción:** hormigas pequeñas de aproximadamente 2 mm, de color marrón oscuro opaco, torax con múltiples protuberancias o tuberculos, sin espinas propodeales y abdomen con algunos pelos escamiformes (en forma de escama) esparcidos en el dorso del abdomen (Foto 4a). Se distinguen por los lóbulos frontales en la cabeza muy expandidos en vista frontal, sobrepasando los márgenes laterales de la cabeza, también poseen escrobos antenales (ranuras laterales en la cabeza) donde reposan las antenas, las esquinas de la cabeza donde terminan los escrobos son redondeadas sin espinas o dientes (Foto 4b).

**Distribución:** se distribuye en los Andes desde los 1.000 hasta los 2.000 m.s.n.m, y en la Orinoquia a 200 m.s.n.m, asociada principalmente a bosques húmedos andinos, subandinos, bosque de transición y bosque seco. Registrada para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Meta (Jiménez *et al.* 2008, Sanabria *et al.* 2012).

**Hábitat y ecología:** vive en la hojarasca, tiene una fuerte preferencia por hábitats boscosos, cerca del 80 % de las capturas se produce en los bosques y bosques riparios, en fragmentos de 5 a 10 ha las capturas son del 4 % también se ha reportado en plantaciones forestales, y en áreas en proceso de restauración de 7 años donde las capturas fueron del 11 %, es posible encontrarla en los pastizales donde construye sus nidos en el suelo con un porcentaje de captura ≤ 1 %. Es una hormiga cultivadora de hongo y levaduras para esto usa de sustrato el heces de insectos o *pelets*, insectos muertos y material vegetal, de movimiento lento y comportamiento críptico (tiende a quedarse quieta, hacerse la muerta y encorvarse cuando es observada), algunas veces están cubiertas de tierra, lo que hace difícil observarlas. Anida en ramas pequeñas, frutos de Lauraceae, troncos en descomposición, entre hojas secas y en el suelo presenta nidos pequeños con aproximadamente 10 a 15 individuos.

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) facilidad para detectarlas en campo: su aspecto es bastante conspicuo, con nidos con partes de insectos y heces por lo que la observación directa de los nidos que se encuentran en la hojarasca permite reconocerlas rápidamente; 2) fácil



identificación: esta especie se caracteriza por presentar protuberancias o tuberculos en el promesonoto, los cuales pueden ser visualizadas en campo usando una lupa de 20X; 3) aunque es una especie con una alta preferencia por hábitats boscosos, también se puede encontrar presente en sistemas productivos con árboles, en estos sistemas su abundancia disminuye en comparación con el bosque.

**Métodos:** se recomienda hacer colecta manual usando un transecto de 12 estaciones separadas cada 10 m, en cada estación se colectarán todas las ramitas que se encuentren en un área de 1 m<sup>2</sup>, durante 15 minutos se revisa además la hojarasca, el suelo y los troncos en descomposición para encontrar los nidos, cada nido debe colectarse por separado en tubos eppendorf preferiblemente con alcohol al 96 % para preservar su ADN (Figura 35).

**Ficha:** *Etatomma ruidum* (Roger, 1861)

**Nombre común:** Cachona

**Descripción:** hormigas grandes de aproximadamente 1cm. de largo, de color marrón rojizo a negro. Cuerpo con suturas y procesos de enculturación muy marcados. Pronoto con una protuberancia media bien diferenciada. Nodo del peciolo alto y delgado visto de lado (Foto 5a). Vista de frente, contorno posterior de la cabeza casi recto casi en la totalidad de la distancia entre los ojos (Foto 5b).

**Distribución:** se distribuye ampliamente desde el norte del país hasta el piedemonte amazónico, desde los 200 hasta los 1.600 m.s.n.m. Registrada para los departamentos del Amazonas, Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Tolima, Antioquia, Atlántico, La Guajira y en la región de la Orinoquia.

**Hábitat y ecología:** habita debajo del suelo en nidos poco vistosos, en diámetro entre tres y cinco milímetros, poco más grandes que una obrera. Depredadora generalista, forrajea los estratos herbáceos y arbustivos en busca de artrópodos; también añaden a su dieta nectarios extraflorales, secreciones de homópteros y pulpa de frutas caídas. Gracias a su adaptabilidad y capacidad de explotar diferentes tipos de recursos, se presenta en distintos ecosistemas (Anexo 4.). Debido a las altas temperaturas en la zona norte del país puede encontrarse en bosques, sin embargo, hacia la zona sur (Valle y Cauca) su preferencia cambia hacia hábitats abiertos como potreros (Santamaría *et al.* 2009 a, 2009b). *E. ruidum* también es común en ecosistemas perturbados, ya que posee un alto grado de adaptabilidad, que le facilita evadir condiciones de estrés y extender el rango de su población, en la costa norte puede llegar a ser una especie dominante en bosques alterados o muy caducifolios

(Fontalvo-Rodríguez y Domínguez-Haydar 2009). La densidad de nidos en cafetales en Chiapas México ha alcanzado el número de 11.200 nidos por hectárea (Schatz *et al.*, 1998).

**Cualidades como indicadora:** 1) facilidad para detectarlas en campo gracias a su tamaño y color oscuro. Se colecta fácilmente con cebos de atún, mezcla de miel con fruta y trampas de caída; 2) fácil identificación: esta especie se caracteriza por su protuberancia media en el pronoto y un peciolo delgado visto de lado los cuales pueden ser visualizadas en campo usando una lupa de 20X; 3) amplio rango de distribución: habita desde pastizales, áreas de rehabilitación hasta bosques en regeneración aunque en estos últimos su densidad tiende a ser menor.

**Método de captura:** puede ser detectada fácilmente con cebos de atún, trampas de caída, y captura manual. En un transecto lineal de 150 metros intercalando trampas de caída y sacos Winkler (protocolo Paisajes Rurales -IAvH) se han obtenido individuos de *E. ruidum* en el 85 % de las trampas de caída y en un 20 % en los sacos Winkler en cafetales monosombra (Santamaría 2012).

**Ficha:** *Wasmannia auropunctata* (Roger 1863)

**Descripción:** comúnmente denominada “pequeña hormiga de fuego”, las obreras miden entre 1 y 2 mm de longitud, son de color amarillo rojizo a café. En vista lateral, el peciolo es más alto que el postpeciolo y tiene forma de hacha con nodo casi rectangular y propodeo con un par de espinas agudas (Longino y Fernández 2007). (Foto 6a). Antenas de 11 segmentos con los dos segmentos apicales engrosados formando un mazo, ranuras (escrobos) en los bordes laterales de la cabeza que reciben las antenas cuando están plegadas (Foto 6b).

**Distribución:** especie neotropical cuyo rango nativo comprende Centro y Suramérica, pasando por Bolivia y el norte de Argentina y Uruguay (Wetterer y Porter 2003). La especie ha sido introducida en países de África, en Norteamérica y algunas islas en los océanos Caribe y Pacífico (i.e. Islas Galápagos). El rango altitudinal oscila entre los 900-1.500 m.s.n.m (Arcila 2007). En Colombia, ha sido reportada en el piedemonte amazónico (Sanabria 2011), en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, incluido el PNN Isla Gorgona a menos de 340 m.s.n.m (Chacón de Ulloa *et al.* 2014).

**Hábitat y ecología:** omnívoras y oportunistas. Adaptable a un amplio rango de hábitats asociados al bosque tropical húmedo y seco, tanto bosques primarios como bosques

secundarios jóvenes, siendo más abundante en hábitats perturbados. Anida principalmente en suelo, en la hojarasca, en troncos en descomposición y en la base de árboles (Arcila 2007). También en plantas mirmecofitas, epífitas y en el dosel de bosques y plantaciones comerciales (Orivel *et al.* 2009, Chacón de Ulloa *et al.* 2014) donde puede llegar a establecer asociaciones con homópteros fitófagos (Delabie 1988, Villegas *et al.* 2008). Capacidad para invadir habitaciones humanas como viviendas y hospitales (Chacón de Ulloa *et al.* 2006). Estructura social poligínica (colonias con varias reinas fértiles y fecundas) y unicolonial (varias colonias coexisten juntas debido a poca o ninguna agresión intraespecífica) (Hölldobler y Wilson 1990, Ulloa-Chacón y Cherix 1990), características que contribuyen a procesos de invasión en hábitats donde ha sido introducida (Holway *et al.* 2002, GISD 2009).

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) fácilmente detectable en campo a través de la inspección directa de los elementos de la hojarasca. La especie puede ser fácilmente monitoreada con cebos de atún; 2) Fácil identificación; 3) Una alta abundancia de *W. auropunctata* puede ser indicador de baja diversidad de las comunidades de hormigas en fragmentos de bosque seco en el valle del río Cauca (Armbrecht y Ulloa-Chacón 2003). El desplazamiento de otras especies de hormigas por *W. auropunctata* se relaciona con sus hábitos oportunistas, su habilidad para explotar hábitats perturbados y por ser un excelente competidor. La especie exhibe alta agresividad interespecífica, alto éxito reproductivo y posee gran habilidad para descubrir recursos alimenticios y rápidamente reclutar individuos hasta casi monopolizar el recurso.

**Métodos:** los cebos de atún son el método más comúnmente usado para establecer la presencia y abundancia de *W. auropunctata* (Figura 36). Este método también permite describir relaciones de competencia intra e interespecíficas entre las hormigas atraídas al cebo (Achury *et al.* 2008). Se establece un transecto lineal con 30 estaciones equidistantes 20 m entre sí. En cada estación se dispone sobre la superficie del suelo un cebo. Tres horas después cada cebo se revisa y se colecta en bolsas de cierre hermético. En laboratorio, las muestras se limpian, se conservan en etanol al 96 % y se realiza la cuantificación. Muestreos con esta metodología en fragmentos de bosque seco tropical y matrices circundantes en la cuenca alta del río Cauca, estimaron una frecuencia de ocupación del 38 al 42,1 % de los cebos por *W. auropunctata*. En promedio, aprox. 332 obreras fueron atraídas a cada cebo, siendo mayor la ocupación en el bosque con aprox. 500 individuos/cebo, seguido del borde del bosque,

los cañaduzales y los potreros con aprox. 400, 200 y 100 individuos/cebo, respectivamente (Arcila 2007).

**Ficha: *Solenopsis geminata*** (Fabricius 1804)

**Descripción:** la hormiga tropical de fuego *Solenopsis geminata* es una especie polimórfica: presenta una variación continua en el tamaño de las obreras desde obreras menores hasta obreras mayores. La longitud corporal puede variar entre 3 y 5mm de longitud. Color amarillo miel a café muy oscuro. Ojos con 20-100 omatidios. Antenas con 10 segmentos y mazo apical de 2 segmentos (Foto 7b). En vista lateral, nodo peciolar delgado con forma de escama y más corto que el pedúnculo, propodeo sin dientes o espinas, estrías longitudinales que se extienden por la región metapleurale y la cara posterior del propodeo (Foto 7b) (Trager 1991).

**Distribución:** de origen neotropical, la especie se distribuye continuamente desde el Sureste de Estados Unidos hasta el norte de Suramérica. Sin embargo, no es claro si las poblaciones en las Antillas y el sureste de Estados Unidos son nativas o si han sido introducidas por el hombre (Trager 1991, Holway *et al.* 2002). Actualmente la especie se ha dispersado por casi todo el mundo debido a actividades comerciales humanas, en países de África y Asia (incluidos India y Japón), en islas oceánicas (Madagascar) y en islas del Océano Pacífico (Galápagos, Hawai y Nueva Caledonia) (GISD 2010). En cuanto a su distribución altitudinal en Colombia, *S. geminata* ha sido colectada entre los 0-2100 m.s.n.m. (Vergara *et al.* 2013, Chacón de Ulloa *et al.* 2014, Elizabeth Jiménez *com. pers.*) y ha sido reportada en las seis regiones naturales del país: Pacífica, Andina, Caribe, Amazonia, Orinoquía y la región insular (Vergara-Navarro y Serna 2013, Chacón de Ulloa *et al.* 2014).

**Hábitat y ecología:** especialista de climas cálidos, *S. geminata* está fuertemente asociada a áreas abiertas y soleadas con alto grado de disturbio como zonas costeras, agrícolas, mineras, plantaciones comerciales, potreros y áreas urbanas. A bajas altitudes también puede hallarse en bosque (sotobosque) aunque a densidades poblacionales menores. A elevaciones mayores, esta hormiga se restringe a áreas abiertas y sus poblaciones no se extienden al interior de bosques con dosel cerrado (Longino 2010). Anida en suelo y las colonias pueden tener una reina (monoginia) o varias reinas (poliginia), alcanzado esta última mayores densidades de nidos y biomasa de obreras, en parte debido a una reducida agresión intraespecífica (Holway *et al.* 2002). Dieta omnívora. Consumen animales muertos de forma oportunista. Las obreras poseen un aguijón venenoso que

les permite dominar presas como grandes invertebrados y algunos vertebrados (Trager 1991). Es común el consumo de semillas y de exudados de plantas ricos en carbohidratos (Perfecto 1991). También consumen la excreción azucarada (miel de rocío) de homópteros fitófagos y a cambio las obreras les proporcionan protección, contribuyendo de esta forma a la propagación de plagas en cultivos de importancia económica como el café, cacao, maíz y caña de azúcar (Villegas *et al.* 2008). Cuando *S. geminata* ubica una gran cantidad de recurso, es común que las obreras lo cubran con suelo.

**Cualidades de la especie como indicadora:** 1) fácil detección de los nidos de *S. geminata* en campo: las bocas de entrada al nido forman conspicuos montículos de tierra sobre la superficie del suelo, especialmente en áreas disturbadas. La especie puede ser fácilmente monitoreada con cebos de atún y miel; 2) fácil identificación en laboratorio; 3) un incremento en la actividad de *S. geminata* se relaciona directamente con la intensificación agrícola (Philpott *et al.* 2010); 4) un incremento en la abundancia de *S. geminata* en el sotobosque, incluso en bosques maduros, podría estar asociado con efectos de fragmentación. Esto debido a que

incrementos importantes en las poblaciones en las matrices circundantes al bosque o cambios microclimáticos, pueden favorecer la colonización y posterior establecimiento de la hormiga tropical de fuego en el sotobosque; 5) estudios sobre la riqueza de hormigas en minas de carbón del Cerrejón, destacan a *S. geminata* como especie pionera e indicadora de disturbio (Perfecto 1991, Granados 2000, Domínguez 2008). Al comparar lotes bajo diferentes estados de rehabilitación con bosques no intervenidos *S. geminata* fue dominante en lotes estériles y lotes con solo dos años de rehabilitación, mientras que en lotes de cuatro años en adelante la especie no estaba presente o no era dominante (Domínguez 2008).

**Métodos:** fuente de proteína y aceite, como los cebos de atún, resultan particularmente atractivos para *S. geminata*. Los cebos pueden ofrecerse a ras de suelo (cebo epigeo) o pueden fijarse al tronco de los árboles (cebos arbóreos) (Figura 36). Este método es muy apropiado para monitorear especies dominantes y provee una medida general de su eficiencia de forrajeo (Bestelmeyer *et al.* 2000). En hábitats abiertos, el uso de trampas de caída es un método complementario a los cebos, muy apropiado para muestrear hormigas dominantes forrajeras de suelo como *S. geminata* (Underwood y Fisher 2006). Durante época lluviosa en la cuenca alta del río Cauca, Achury y colegas (2012) muestrearon fragmentos de bosque seco y sus matrices (cañaduzal y potrero), utilizando 40 cebos de atún por hábitat. Ofrecieron un total de 1062 cebos y colectaron un total de 194.347 individuos distribuidos en 100 especies de hormigas. El 18 % de los individuos colectados pertenecían a la especie *S. geminata*, siendo la especie más dominante en potreros y la segunda especie más dominante en todo el muestreo. Para la misma zona y hábitats de muestreo, Arcila (2007) estimó un promedio de reclutamiento de 166 obreras/cebo bajo la metodología de cebos de atún.



Foto 1a. *Gnamptogenys bisulca* vista lateral.



Foto 1b. *Gnamptogenys bisulca* vista dorsal.



Foto 2. *Pachycondyla aenescens* vista lateral.



Foto 3a. *Pachycondyla becculata* cabeza.



Foto 3b. *Pachycondyla becculata* vista lateral.



Foto 4a. *Cyphomyrmex rimosus* vista lateral.



Foto 4b. *Cyphomyrmex rimosus* cabeza.



Foto 5a. *Etatomma ruidum* vista lateral.



Foto 5b. *Etatomma ruidum* cabeza.



Foto 6a. *Wasmannia auropunctata* vista lateral.



Foto 6b. *Wasmannia auropunctata* cabeza.



Foto 7a. *Solenopsis geminata* cabeza.

Fotografías hormigas 1 a 7: Elizabeth Jiménez



Foto 7b. *Solenopsis geminata* vista lateral.

**ANEXO 7.** Planilla para la toma de datos de escarabajos coprófagos en un programa de monitoreo: para ser usada en campo o en el laboratorio.

Localidad:		# Transecto:		Cebo:	
Nombre sitio:		Coordenadas (N)	G:	M:	S:
Colector:		Coordenadas (W)	G:	M:	S:
Fecha:		Altura (m):		# evaluación:	
# Trampa	Género	Especie/morfoespecie	# individuos		

**ANEXO 8.** Modelo de la tabla en Excel para el registro permanente de los datos del muestreo de escarabajos coprófagos.

ID	Departamento	Municipio	Vereda	Localidad	Muestreo	Día	mes	año	Habitat	Transecto	Trampa	Genero	spp	Ind. Liberados	Ind. Conservados	Total
1	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	1	Oxytemon	conspicillatum		23	23
2	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	1	Onthophagus	curvicornis	3	3	3
3	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	2	Oxytemon	conspicillatum	14	14	14
4	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	2	Onthophagus	curvicornis	25	25	25
5	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	2	Eurytemon	sp 1	2	2	2
6	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	2	Eurytemon	sp 1	1	1	1
7	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	4	Oxytemon	conspicillatum	54	54	54
8	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	4	Onthophagus	curvicornis	3	3	3
9	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	4	Eurytemon	sp 1	2	2	2
10	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	4	Onthophagus	nasutus	3	3	3
11	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	5	Oxytemon	conspicillatum	15	15	15
12	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	5	Onthophagus	curvicornis	5	5	5
13	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	5	Eurytemon	sp 1	3	3	3
14	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	5	Onthophagus	nasutus	5	5	5
15	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	6	Oxytemon	conspicillatum	13	13	13
16	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	6	Onthophagus	curvicornis	10	10	10
17	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	6	Eurytemon	sp 1	3	3	3
18	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	7	Onthophagus	nasutus	5	5	5
19	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	8	Oxytemon	conspicillatum	24	24	24
20	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	9	Oxytemon	conspicillatum	4	4	4
21	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	9	Onthophagus	nasutus	6	6	6
22	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	10	Onthophagus	nasutus	3	3	3
23	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	10	Oxytemon	conspicillatum	24	24	24
24	Risaralda	La Celia	La Secreta	Verdum	Estado 0	22	ii	2008	Potrero	3	10	Onthophagus	curvicornis	3	3	3

Nota: en una tabla adicional, que puede estar en el mismo archivo de Excel, se debe construir una tabla donde cada localidad tenga además los datos de su ubicación geográfica y altura por transecto (Anexo 7).

**ANEXO 9.** Planilla para el cálculo automático de las tres expresiones de la diversidad. El aporte porcentual de cada especie a la abundancia y biomasa total y el número de especies por cada rango de aporte. Se señalan los bloques de la planilla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Planilla para el calculo de las diversidad de orden 0, 1 y 2 usando funciones en Excel</b>										
3	<b>Nombre especies / morfoespecie</b>	<b>No. inds.</b>	<b>pi.ln.pi</b>	<b>pi^2</b>	<b>Peso seco (gr.)</b>	<b>Biomasa</b>	<b>bi.ln.bi</b>	<b>bi^2</b>		<b>% No. inds.</b>	<b>% Biomasa</b>
4	sp1	1	-0.003	0.000	10.35	10.35	-0.0005	0.0000		0.03	0.01
5	sp2	33	-0.059	0.000	16.66	643.32	-0.0200	0.0000		1.36	0.35
6	sp3	535	-0.527	0.043	10.00	5350.00	-0.1113	0.0011		20.82	3.25
7	sp4	196	-0.184	0.005	26.00	7056.00	-0.1254	0.0015		6.86	3.85
8	sp5	0	0.000	0.000	103.53	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
9	sp6	34	-0.053	0.000	5.57	183.38	-0.0071	0.0000		1.19	0.10
10	sp7	193	-0.186	0.005	81.38	16134.45	-0.2144	0.0078		6.36	8.83
11	sp8	86	-0.105	0.001	203.03	17460.35	-0.2240	0.0091		3.01	3.52
12	sp9	23	-0.039	0.000	310.00	7130.00	-0.1263	0.0015		0.80	3.89
13	sp10	0	0.000	0.000	102.47	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
14	sp11	277	-0.226	0.009	430.00	11910.00	-0.2801	0.4222		3.69	64.38
15	sp12	1	-0.003	0.000	65.46	65.46	-0.0028	0.0000		0.03	0.04
16	sp13	2	-0.005	0.000	33.23	78.58	-0.0033	0.0000		0.07	0.04
17	sp14	0	0.000	0.000	26.60	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
18	sp15	16	-0.029	0.000	4.55	72.73	-0.0031	0.0000		0.56	0.04
19	sp16	0	0.000	0.000	71.21	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
20	sp17	26	-0.043	0.000	110.00	2860.00	-0.0649	0.0002		0.91	1.56
21	sp18	0	0.000	0.000	10.04	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
22	sp19	2	-0.005	0.000	21.00	42.00	-0.0019	0.0000		0.07	0.02
23	sp20	1	-0.003	0.000	7.80	7.80	-0.0004	0.0000		0.03	0.00
24	sp21	5	-0.011	0.000	34.39	171.95	-0.0065	0.0000		0.17	0.09
25	sp22	0	0.000	0.000	20.00	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
26	sp23	1	-0.003	0.000	740.00	740.00	-0.0223	0.0000		0.03	0.40
27	sp24	257	-0.217	0.008	3.10	796.70	-0.0236	0.0000		8.39	0.43
28	sp25	264	-0.220	0.009	2.67	704.88	-0.0214	0.0000		3.24	0.38
29	sp26	0	0.000	0.000	11.60	0.00	0.0000	0.0000		0.00	0.00
30	sp27	441	-0.268	0.024	4.50	1984.50	-0.0430	0.0001		15.43	1.08
31	sp28	392	-0.272	0.019	5.20	2038.40	-0.0500	0.0001		13.72	1.11
32	sp29										
33	sp30										
34	sp31										
35	sp32										
36	sp33										
37	sp34										
38	sp35										
39	sp36										
40	sp37										
41	sp38										
42	sp39										
43	sp40										
44											
45	<b>TOTAL</b>	2856	-2.279	0.123		183314.04	-1.3584	0.4437			
46	0D	21				21					
47	1D	9.8				3.9					
48	2D	8.1				2.3					

Pauta para la construcción de la planilla de cálculo de diversidad de <sup>0</sup>D usando funciones de Excel. Si es su primera vez ante el proceso de ingresar funciones en Excel, por favor siga al pie de las letras las siguientes

instrucciones. Construir su planilla usando los mismos datos de # individuos y peso seco (g) para que le sea posible determinar si ha seguido bien los pasos.

1. Para su primera plantilla procurar seguir el mismo orden del modelo anterior, empezando desde la columna A-fila 1, en otras palabras trate de imitar en detalle la tabla de datos que se muestra arriba.
2. En la columna A desde la fila 4 hasta la fila 43, se ingresaran los nombres de las especies/morfoespecies que sea encontradas en cada sitio o momento de muestreo.
3. En la columna B-fila 4 a la 43, se ingresa a mano el número de especies capturados por especie/morfoespecie en cada sitio o momento de muestreo.
4. En la columna E-fila 4 a la 43, se ingresa el peso seco promedio de cada morfoespecie.
5. En la columna B-fila 45, escriba de forma exacta la siguiente función =SUM(B4:B43). No olvide el símbolo (=), sí lo olvida no obtendrá ningún resultado. Sí su Excel está en español, use la función =SUMA(B4:B43). Esto le dará como resultado el número total de individuos.
6. En la columna F-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función: =B4\*E4. Esto corresponde al producto entre el peso seco (gr) de cada especies/morfoespecie y su respectivo número de individuos.
7. En la columna F-fila 45, escriba de forma exacta la siguiente función =SUM(F4:F43). No olvide el símbolo (=), sí lo olvida no obtendrá ningún resultado. Sí su Excel está en español, use la función =SUMA(F4:F43). Esto le dará como resultado la biomasa total.
8. Es importante completar los pasos 1-6 antes de seguir adelante.
9. Después de ingresar los datos en las columnas y celdas anteriores. En la columna C-fila 2 escriba de forma exacta la siguiente función: =((B4/\$B\$45)\*LN((B4/\$B\$45))). No olvide el signo (=), sí lo olvida no tendrá resultado alguno. Una vez ingresada, de Enter, ubique el cursor en la esquina de la celda hasta que aparezca una cruz, haga clic izquierdo sostenido y deslice (sin soltar el clic) hasta la celda 43. Las filas que no tienen datos de abundancia (vacías o con ceros) darán como resultado #NUM!, borre esto de todas las celdas que contengan este resultado.
10. En la columna D-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función: =POWER((B4/\$B\$45),2), si su Excel está en español la función será =POTENCIA((B4/\$B\$45),2). Repita el proceso del punto 9 para obtener el resultado para las celdas 5-43. En este caso, las celdas sin abundancia o ceros, no representan un problema para los siguientes cálculos.
11. En la columna G-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función: =((F4/\$F\$45)\*LN((F4/\$F\$45))). Es la misma función usada en el punto 5 pero en este caso se están usando los datos de la Biomasa (columna F) y la Biomasa total que se ubica en la columna F-fila 45.
12. En la columna H-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función: =POWER(((F4/\$F\$45),2) si su Excel está en español la función será =POTENCIA(((F4/\$F\$45),2). Repita el proceso del punto 5 para obtener el resultado para las celdas 5-43.
13. Si está usando los datos del ejemplo, verifique que halla obtenido los mismos valores hasta este punto. Si es así, estamos listos para calcular <sup>0</sup>D (riqueza), <sup>1</sup>D y <sup>2</sup>D usando los datos de número de individuos y biomasa.
14. En la columna C-fila 45 y columna D-fila 45 pique la función ingresada en la columna B-45, de está forma obtendrá la sumatoria de "pi.ln pi" y pi<sup>2</sup>.
15. En la columna G-fila 45 y columna H-fila 45 pique la función ingresada en la columna F-45, de está forma obtendrá la sumatoria de "bi.ln bi" y pbi<sup>2</sup>.
16. 0D (Riqueza de especies). En la columna B-fila 46 escriba de forma exacta la siguiente función: =COUNTIF(B4:B43,">0"). Sí su Excel está en español la función será: =CONTARSI(B4:B43,">0"). Esto le permitirá contar el número de especies. Por supuesto, la riqueza de especies es la misma tanto para # de individuos como para biomasa.
17. 1D (exponencial de Shannon). con base en # individuos, en la columna B-fila 47 escriba de forma exacta la siguiente función: =EXP(-1\*C45). Con base en biomasa en la columna F-fila 47 escriba de forma exacta la siguiente función: =EXP(-1\*G45).
18. 2D (reciproco de Simpson). con base en el número individuos, en la columna B-fila 48 escriba de forma exacta la siguiente función: =1/D45. Con base en biomasa en la columna F-fila 48 escriba de forma exacta la siguiente función: =1/H45.
19. % número de individuos. En la columna J-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función: =(B4/\$B\$45)\*100. Siga el mismo procedimiento del punto 9 para obtener el valor de las siguientes celdas hasta la 43. El resultado de cada celda indica que porcentaje del número de individuos Total está representado en cada especie/morfoespecie.

20. % Biomasa. En la columna J-fila 4 escriba de forma exacta la siguiente función:  $= (F4 / \$F\$45) * 100$ . Siga el mismo procedimiento del punto 9 para obtener el

valor de las siguientes celdas hasta la 43. El resultado de cada celda indica que porcentaje de la biomasa total está representado en cada especie/morfoespecie.

**ANEXO 10:** Plantilla para el cálculo automático de la razón de cambio de la diversidad (rc) en términos de abundancia y biomasa (disponible en Excel).

Estado	Abundancia			Biomasa		
	0D	1D	2D	0D	1D	2D
Estado 0	15	4.1	3.3	15	2.9	2.6
Estado 1 (un año)	20	7.6	6.3	20	5.6	4.3
Estado 2 (tres años)	21	9.8	8.1	21	3.9	2.3
Estado 3 (cinco años)						

Razón de cambio de la diversidad							
RC: 1 vs. 0	1.3	1.9	1.9	RC: 1 vs. 0	1.3	1.9	1.7
RC: 2 vs. 0	1.4	2.4	2.5	RC: 2 vs. 0	1.4	1.3	0.9
RC: 3 vs. 0				RC: 3 vs. 0			

Nota: Los datos de OD, 1D y 2D se obtienen de la plantilla 3 y se ingresan manualmente en esta plantilla por cada cuantificador y meta del proceso de restauración. La razón de cambio de la diversidad se calcula como  ${}^0D/{}^1D$ .

**ANEXO 11.** Datos de ejemplo para el uso de la herramienta para el cálculo de los cuantificadores.

Género	Especie	PSP (g)	Pm (0 años)	Pm (1 año)	Bst (5 años)	Bsm (10 años)	Tamaño	HRE	Gremio
<i>Canthidium</i>	sp1	0.011	0	0	2	0	P	C	PC
<i>Canthidium</i>	<i>convexifrons</i>	0.017	0	1	19	41	P	C	PC
<i>Canthidium</i>	sp2	0.010	0	0	66	1104	P	C	PC
<i>Canthon</i>	<i>cf. politus</i>	0.036	0	2	16	1574	P	R	PR
<i>Deltochilum</i>	sp1	0.081	0	0	70	86	G	R	GR
<i>Deltochilum</i>	<i>mexicanum</i>	0.203	0	0	0	12	G	R	GR
<i>Dichotomius</i>	sp1	0.310	1	5	676	226	G	C	GC
<i>Dichotomius</i>	<i>belus</i>	0.102	0	0	0	1	G	C	GC
<i>Dichotomius</i>	sp2	0.430	1	3	254	355	G	C	GC
<i>Eurystemus</i>	<i>foedus</i>	0.065	0	0	1	0	G	E	GE
<i>Eurystemus</i>	<i>marmoreus</i>	0.039	0	1	0	3	G	E	GE
<i>Genieridium</i>	<i>medinae</i>	0.005	0	0	0	115	P	C	PC
<i>Ontherus</i>	<i>azteca</i>	0.071	0	0	12	10	G	C	GC
<i>Ontherus</i>	<i>lunicollis</i>	0.110	1	1	177	852	G	C	GC
<i>Onthophagus</i>	<i>acuminatus</i>	0.010	0	0	1	0	P	C	PC
<i>Onthophagus</i>	<i>curvicornis</i>	0.021	60	28	3	12	P	C	PC
<i>Onthophagus</i>	<i>marginicollis</i>	0.008	50	2	0	2	P	C	PC
<i>Onthophagus</i>	<i>mirabilis</i>	0.034	0	0	0	6	P	C	PC
<i>Onthophagus</i>	<i>nasutus</i>	0.020	34	0	2	0	P	C	PC
<i>Oxystemon</i>	<i>conspicillatum</i>	0.740	120	15	39	8	G	C	GC
<i>Uroxys</i>	<i>boneti</i>	0.003	0	0	2	278	P	C	PC
<i>Uroxys</i>	<i>brachialis</i>	0.003	0	0	0	2	P	C	PC
<i>Uroxys</i>	<i>nebulinus</i>	0.005	0	4	1096	1608	P	C	PC
<i>Uroxys</i>	<i>pauliani</i>	0.005	0	2	31	1596	P	C	PC



**ANEXO 12.** Ejemplo de los valores obtenidos para los cuantificadores de diversidad (valores obtenidos al usar los Anexos 7-10).

Estado	Abundancia			Biomasa			
	0D	1D	2D	0D	1D	2D	
Estado 0 (0 años)	7	3.8	3.3	7	1.2	1.1	
Estado 1 (1 año)	11	5.7	3.8	11	2.5	1.7	
Estado 2 (5 años)	17	4.9	3.4	17	3.3	2.5	
Estado 3 (10 años)	20	7.6	6.3	20	5.6	4.3	
Razón de cambio de la diversidad							
RC: 1 vs. 0	1.6	1.5	1.2	RC: 1 vs. 0	1.6	2.1	1.5
RC: 2 vs. 0	2.4	1.3	1.0	RC: 2 vs. 0	2.4	2.8	2.3
RC: 3 vs. 0	2.9	2.0	1.9	RC: 3 vs. 0	2.9	4.7	3.9

**ANEXO 13.** Especies indicadoras positivas y negativas de escarabajos coprófagos.

Indicador	Género	Especies	Observación	Estado taxonómico y alcance
Positivos	<i>Cryptocanthon</i>		Las especies colombianas conocidas para las especies están asociadas a interior de bosques maduros y sus abundancias son muy bajas en los muestreos	Fuentes: Cook (2002) Arias & Medina (2014) Indicador a nivel de género y especie
	<i>Uroxys</i>		Género abundante y muy diverso al interior de bosques maduros con un área superior a las 100 ha	Fuentes: No se cuenta con claves para Colombia. No existe una revisión integrada para el neotrópico
	<i>Genieridium</i>	<i>G. medinae</i>	Género monoespecífico en Colombia, donde es endémica. Abundante al interior de bosques Andinos maduros con un área mayor a 100 ha	Fuentes: Vaz de Mello (2008) Indicador a nivel de especie (Colombia)
	<i>Canthidium</i>		Género muy abundante y rico al interior de bosques maduros. En los Andes, el subgénero <i>Eucanthidium</i> tiende a estar restringido al interior de bosque nativo o a usos del suelo con dosel (plantaciones forestales)	Fuentes: Martínez y Halffter (1986); descripción de los subgéneros. No existen claves de especies para Colombia. No existe una revisión integrada para el neotrópico. Indicador a nivel de género (por el momento)
	<i>Canthon</i>		Este género reúne especies con hábitos rodadoras, son más abundantes al interior de bosque maduros y en algunos paisajes andinos, son los primeros elementos que desaparecen al reducirse el área de los bosques (< 50 ha)	Fuentes: No existen claves para Colombia y no existe una revisión integrada para el Neotrópico Indicador a nivel de género (por el momento)

Indicador	Género	Especies	Observación	Estado taxonómico y alcance
Positivos	<i>Oxysternon</i> <i>Coprophanaeus</i> <i>Phanaeus</i> <i>Sulcophanaeus</i>		En tierras bajas, la mayoría de las especies de estos géneros están asociadas a bosques maduros. La dominancia de estos géneros se reduce con la altitud (> 1.000m). Debido a que son géneros cuentan con extensas revisiones taxonómicas, son un grupo potencial para ser estudiadas como sondas - biológicas en programas de monitoreo de restauración en tierras bajas	Fuentes: Oxysternon: Edmonds y Zidek (2004) Coprophanaeus Edmonds y Zidek (2010) Phanaeus: Edmonds (1994) Sulcophanaeus: Edmonds (2000) En tierras bajas (> 1000m) indicadores a nivel de género y especie
	<i>Ontherus</i>	<i>O. lunicollis</i> , <i>O. brevicollis</i> , <i>O. compressicornis</i>	Género abundante en localidades andinas (> 1.000 m). De hecho cuenta con especies propias de bosques alto-andinos ( <i>O. brevicollis</i> y <i>O. compressicornis</i> ). Aunque pueden ser capturados en bosques pequeños (> 50 ha) y en usos del suelo con dosel, no son dominantes en áreas abiertas	Fuente: Genier (1996) Para localidades andinas, indicador a nivel de género y especie
	<i>Deltochilum</i>	<i>D. (C.) mexicanum</i> <i>D. (C.) hypponum</i> <i>D. (C.) carinatum</i> <i>D. (H.) gibbosson</i>	Géneros asociado principalmente bosque maduros de gran tamaño (> 100 ha). Especies con hábitos rodadores y algunas se han observado usando cadáveres como recurso alimentario y de nidificación. Incluye especies de gran tamaño (> 10 mm de largo corporal), con bajas abundancias de muestreo y muy sensibles a la reducción del área de bosque	Fuentes: González <i>et al.</i> (2009) Para Colombia solo se ha revisado de forma integrada los subgéneros Calhyboma, Hybomidium y Telhyboma Indicadores a nivel de los subgéneros mencionados y de especie
	<i>Malagoniella</i>	<i>M. astyanax</i>	Especie es propia de interior de parche de bosques secos	
	<i>Onthophagus</i>	<i>O. mirabilis</i> , <i>O. coscineus</i>	<i>O. mirabilis</i> es una especie colectada en localidades andinas de la cordillera occidental, es muy escasa en los muestreo y está restringida a bosques andinos maduros grandes (> 100 ha). <i>O. coscineus</i> es una especie colectada al interior de parches de bosque seco	No existen claves de especies para Colombia y no existe una revisión integrada para el neotrópico
Negativos	<i>Onthophagus</i>	<i>O. curvicornis</i> , <i>O. nasutus</i> , <i>O. marginicollis</i>	La mayoría de las especies de este género están asociadas a zonas abiertas o con disturbio antrópico (potreros, matorrales, cultivos y zonas urbanas)	No existen claves de especies para Colombia y no existe una revisión integrada para el neotrópico
	<i>Oxysternon</i>	<i>O. conspicillatum</i>	En localidades andinas colombianas (> 1000 m) está especie se hace dominante en zonas abiertas y con alta disturbio antrópico (potreros y cultivos). De hecho, en general, es la única especie de su tribu (Phanaeini) que persiste y domina entre los 1.000 y 2.000 m	Fuentes: Oxysternon: Edmonds y Zidek (2004)

ANEXO 14. Acciones de restauración de la herpetofauna y su entorno.

Categorías	Acciones	Anfibios			Reptiles				Ejemplos de acciones en la literatura
		Anuros	Cecilias	Salamandras	Serpientes	Lagartos	Cocodrilianos	Tortugas	
1. Manejo del hábitat	Evitar la entrada de ganado a los bordes de la vegetación natural original	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, Baker <i>et al.</i> 2011, British Columbia 2014
	Realizar un manejo de los sistemas productivos con bajo uso de agroquímicos	X	X	X					Bailey <i>et al.</i> 2006, Baker <i>et al.</i> 2011, British Columbia 2014
	Mantener elementos de vegetación nativa, y la capa de hojarasca que producen, en el suelo en los sistemas productivos	X		X	X	X		X	Baker <i>et al.</i> 2011, Robinson <i>et al.</i> 2013
	Conservar el régimen hídrico en cuerpos de agua para evitar desecación y eutrofización	X					X	X	Baker <i>et al.</i> 2011, British Columbia 2014
	Amortiguar los efectos de borde a través del manejo de los sistemas productivos alejando el mantenimiento de complejidad en la estructura vegetal	X	X	X	X	X	X	X	Goosem <i>et al.</i> 2010, Santos-Barreira y Urbina-Cardona 2011
	Respetar la ronda de vegetación nativa de los ríos de mínimo 30 m a cada lado	X	X	X	X	X	X	X	INVIAS <i>et al.</i> 2007, British Columbia 2014
	Restauración de charcas: manejo de vegetación, gravilla, fango y control de la colmatación	X			X		X	X	Williams <i>et al.</i> 2010, Baker <i>et al.</i> 2011, Smith y Sutherland 2014
	Establecer árboles y arbustos nativos para incrementar la densidad de sotobosque en bordes de bosques con mayor grado de exposición al viento	X	X	X	X	X		X	Baker <i>et al.</i> 2011
	Restaurar la conectividad de hábitat (reproductivo, de alimentación y de refugio) para las especies clave y favorecer las interfaces entre coberturas vegetales o ecotonos para mantener hábitat de termorregulación	X	X	X	X	X	X	X	Edgar <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Permitir que los troncos caídos se descompongan naturalmente <i>in situ</i>	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006
Implementar prácticas de buen manejo para minimizar erosión y disturbios en el suelo	X	X	X	X	X	X	X	Bailey <i>et al.</i> 2006	

Categorías	Acciones	Anfibios			Reptiles				Ejemplos de acciones en la literatura
		Anuros	Cecilias	Salamandras	Serpientes	Lagartos	Reptiles		
							Cocodrilianos	Tortugas	
1. Manejo del hábitat	Asegurar coberturas de escape y refugio en las diferentes coberturas	X	X	X	X	X	X	X	Edgar <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Establecer cercas vivas con árboles y arbustos nativos en los sistemas productivos	X		X	X	X		X	British Columbia 2014
2. Creación de hábitat	Establecer en los sistemas productivos cercas, cúmulos de piedra y troncos como micro hábitat de refugio y de ovoposición	X	X	X	X	X		X	Edgar <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Creación de charcas (cuerpos de agua lénticos permanentes) en el bosque, sabanas y sistemas productivos evitando la llegada de especies invasoras	X			X			X	Ortega-Guerrero <i>et al.</i> 2007; Beier <i>et al.</i> 2008, Baker <i>et al.</i> 2011, Smith y Sutherland 2014
3. Control de especies exóticas, invasoras y enfermedades	Mantener gradientes naturales de vegetación nativa entre los cuerpos de agua y el ambiente terrestre	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006
	Evitar la translocación involuntaria de especies exóticas en el material transportado	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, ICMIM 2006
3. Control de especies exóticas, invasoras y enfermedades	Eliminar las poblaciones ferales de especies domésticas (principalmente gatos)	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, Edgar <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014
	Todos los vehículos y ropa de campo de funcionarios deben ser desinfectados al ingresar y salir del bosque nativo	X	X	X	X				British Columbia 2014
4. Implementación de "buenas prácticas" en infraestructura	Ubicar reductores de velocidad y señales visuales en sectores de las carreteras que hayan aislado sitios de paso de fauna (e.g. migración local para reproducción)	X	X	X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, INVIAS <i>et al.</i> 2007, Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Amortiguación de ruido vehicular en lugares aledaños a hábitats de reproducción	X						X	Bailey <i>et al.</i> 2006, INVIAS <i>et al.</i> 2007, Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014

Categorías	Acciones	Anfibios				Reptiles				Ejemplos de acciones en la literatura
		Cedilias		Salamandras		Lagartos		Tortugas		
		Anuros								
4. Implementación de "buenas prácticas" en infraestructura	Manejo de residuos sólidos y escombros y contención de derrames	X				X	X			Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Reducir la erosión y manejar los sedimentos que afectan la calidad del agua	X				X	X			Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014
	Implementación de pasos subterráneos de fauna para permitir migración de individuos de sitios de reproducción acuática hacia el bosque	X								Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014, Smith y Sutherland 2014
	Evitar encharcamiento en las carreteras para evitar la llegada de anfibios	X								Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010, British Columbia 2014
	Instalación de malas de desvío en vías con alto tráfico, aledaña a bosques y áreas protegidas	X	X		X	X	X		X	ICMM 2006, Beier <i>et al.</i> 2008, Goosem <i>et al.</i> 2010
	Mantenimiento de árboles y arbustos nativos en los lados de la carretera para amortiguar efectos de borde									Goosem <i>et al.</i> 2010
	Controlar y evitar el fuego con barreras en ecosistemas donde no hay un régimen de fuego	X	X		X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, Edgar <i>et al.</i> 2010
5. Manejo de régimen de disturbio	Mantener una dinámica temporal (frecuencia, intensidad y estacionalidad) de fuego en ecosistemas donde hay un régimen natural de fuego para evitar acumulación de biomasa	X	X		X	X	X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006, Edgar <i>et al.</i> 2010
	Restablecer la dinámica hídrica (profundidad, duración, distribución y flujo)	X					X		X	Bailey <i>et al.</i> 2006
6 Educación y concienciación ambiental	Realizar talleres con las comunidades para desmitificar la mala reputación de los anfibios y reptiles, evitando el sacrificio y generando sentido de pertenencia	X	X		X	X	X		X	Edgar <i>et al.</i> 2010
	Mantener informada a la comunidad local y funcionarios de gobierno para que se involucren en proyectos de conservación de anfibios y reptiles	X	X		X	X	X		X	Gómez 2007, Danielsen <i>et al.</i> 2007

## ANEXO 15. Procesos ecológicos asociados a la avifauna y su importancia en los proyectos de restauración ecológica

Los procesos ecológicos son acciones o eventos físicos, químicos y biológicos ligados a los organismos y sus ambientes. Involucran la transferencia de materia y energía en el paisaje (Stanturf *et al.* 2014). Algunos de los procesos ecológicos que realizan las aves están involucrados en el proceso de restauración ecológica son: dispersión de semillas, polinización, control de plagas vegetales y animales, entre otros.

### Dispersión de semillas y frugivoría

La dispersión de semillas es un proceso de desplazamiento de las semillas desde la planta madre hacia otras áreas a través de dispersores bióticos o abióticos. Dentro de dichos dispersores se destacan las aves por su alta correlación con un gran número de especies de plantas, principalmente en los ecosistemas tropicales (Howe y Smallwood 1982). Dentro de las familias que están más directamente relacionadas con la dispersión de semillas se encuentran aquellas donde predominan las especies con hábitos principalmente frugívoros como: Ramphastidae, Cotingidae, Turdidae, Thraupidae, entre otras.

Como una relación mutualística, la dispersión de semillas beneficia tanto a las plantas como a sus dispersores. En el caso de las plantas, las principales ventajas son (Wenny *et al.* 2011, Whelan *et al.* 2008, Janzen 1970 en: Hyatt *et al.* 2003): 1) reducción en la mortalidad denso-dependiente de semillas y plántulas, alejándolas de los árboles parentales y los predadores de semillas, herbívoros, patógenos y competidores; 2) reducción de los efectos genéticos deletéreos que conlleva la cercanía de los propágulos a la planta madre e incremento de la diversidad genética de las poblaciones vegetales; 3) favorecimiento de la dispersión en sitios favorables y la colonización de áreas abiertas; y 4) incremento en la germinación, dado que las semillas de algunas especies aceleran su germinación al pasar por el tracto digestivo de las aves (Traveset 1998). Para los animales como dispersores, el principal beneficio es la provisión de recursos alimenticios ricos en lípidos, carbohidratos y agua (frugivoría).

### Polinización

La polinización es un proceso fundamental en la reproducción de las plantas, que involucra un intercambio genético a través de la visita de diversos polinizadores a

varios individuos de plantas. Aunque son más pocas las especies de plantas y aves involucradas en la polinización que en la dispersión de semillas, la relación tiende a ser más específica y por tanto más vulnerable ante los disturbios (Sakercioglu 2006, Wenny *et al.* 2011). Por lo anterior, muchas especies de plantas pueden verse limitadas por el declive de las aves polinizadoras (Trochilidae, principalmente) producto de disturbios.

### Control de plagas animales

Dentro de los procesos claves en los ecosistemas se encuentra el control de poblaciones animales, invertebrados y vertebrados, a través de las relaciones depredador-presa. Las aves insectívoras están directamente relacionadas con los invertebrados y están representadas principalmente por las familias Tyrannidae, Troglodytidae, Parulidae, Vireonidae, Furnariidae, Thamnophilidae, entre otras. El impacto de las aves insectívoras sobre el control poblacional puede variar con el tiempo y depende del tamaño poblacional inicial de los invertebrados, además de otras variables. No obstante, aunque la abundancia de aves insectívoras no siempre está relacionada con la reducción en los daños en las plantas, recientes revisiones han encontrado que la disminución en sus poblaciones genera un incremento en el número de los herbívoros y, en el daño y consumo de hojas, tallos y frutos (Sakercioglu 2006, Mols y Visser 2002). En el campo de la restauración ecológica, las aves insectívoras pueden tener un papel importante al reducir las tasas de mortalidad o herbivoría de plantas importantes para acelerar el proceso de sucesión. Por esta razón, se recomienda generar las condiciones necesarias para incentivar la llegada de estas aves a las áreas de interés y favorecer el control biológico natural.

Por su parte, las aves rapaces son consideradas aves depredadoras que cazan y se alimentan principalmente de animales muertos y vertebrados tales como anfibios, reptiles, mamíferos, peces y otras aves (Márquez *et al.* 2005), razón por la cual, son uno de los grupos que está directamente involucrado en el control poblacional al regular algunas poblaciones de otras especies mediante la depredación (efecto *top-down*) y la intimidación. La depredación actúa directamente sobre los individuos presa disminuyendo su tamaño poblacional, mientras que la intimidación actúa sobre el comportamiento de las presas, generando una reducción en el tiempo de forrajeo cuando las aves rapaces están presentes y un aumento en el tiempo y en la inversión energética para la defensa de las crías (Sakercioglu 2006, Whelan *et*

*al.* 2008, Wenny *et al.* 2011). Están representadas por familias como: Accipitridae, Falconidae, Pandionidae, Strigidae y Tytonidae. Al ser únicas ecológicamente, las aves rapaces son más sensibles a los disturbios y más amenazadas que las aves presa. Su pérdida genera cambios en el número y comportamiento de sus presas, lo que altera las cadenas tróficas (Sekercioglu 2006), y afecta otros compartimentos asociados a dicho control. Las perchas (troncos en pie vivos o muertos) pueden ser una estrategia para incentivar la presencia de aves rapaces y hacer control, directo e indirecto, de plagas de animales en las áreas en proceso de restauración.

#### **Otros procesos ecológicos desarrollados por las aves**

Otros roles que cumplen las aves y son vitales para el buen funcionamiento de los ecosistemas son: el control de plagas vegetales, la remoción de cadáveres y desperdicios, el ciclaje de nutrientes y construcción de estructuras que pueden ser aprovechadas por otros organismos.

Las aves granívoras están directamente involucradas en el control de plagas vegetales ya que se alimentan de las semillas y sus nutrientes, destruyéndolas parcial o totalmente. Las familias que mejor representan a este grupo son Fringillidae y Emberizidae. Su presencia y abundancia puede ser regulada por la oferta de semillas que ofrecen plantas herbáceas y gramíneas, y viceversa. A pesar de su importancia ecológica y económica, principalmente para la productividad de áreas agrícolas, los estudios del control de plagas vegetales por aves son muy reducidos (Sekercioglu 2006, Wenny *et al.* 2011). En el campo de la restauración, este grupo puede tener efectos positivos o negativos en el avance sucesional. Por un lado, pueden controlar especies herbáceas que por su alta abundancia pueden detener o retardar el avance de la sucesión, y por otro pueden eliminar o reducir el número de semillas de especies vegetales nativas deseadas para la restauración. Se recomienda evaluar su abundancia e impacto en las áreas en proceso de restauración.

Las aves carroñeras aprovechan rápidamente los cadáveres que encuentran, lo cual limita la velocidad de los procesos de descomposición por microorganismos e impiden que se propaguen bacterias perjudiciales para otros seres vivos (Whelan *et al.* 2008). Este rápido uso del recurso limita la abundancia de las poblaciones de mamíferos carroñeros indeseables, como roedores (Sekercioglu 2006).

Por otro lado, las aves acuáticas, a través de su guano rico en fósforo y nitrógeno, pueden aportar nutrientes al suelo e influenciar la estructura y composición de la comunidad de plantas (Whelan *et al.* 2008, Ellis 2005 en: Wenny *et al.* 2011), además de enriquecer el suelo y, en algunos casos, contribuir con su formación (Sekercioglu 2006).

Finalmente, uno de los servicios ecosistémicos que involucra a la avifauna es la construcción de cavidades para la nidificación y resguardo de sí mismas y de otras especies (Sekercioglu 2006, Whelan *et al.* 2008, Wenny *et al.* 2011). Dentro de estas aves se encuentran las excavadoras primarias, que construyen sus propios huecos, como los carpinteros, y las excavadoras secundarias que utilizan los huecos ya construidos por las excavadoras primarias o por procesos de descomposición (Martin y Eadie 1999, Cockle *et al.* 2010). Las dependencias ecológicas entre ambos grupos de aves excavadoras y los diferentes factores ambientales, los hace altamente susceptibles a los disturbios que conducen a la degradación de los ecosistemas (Cockle *et al.* 2010, 2011). No obstante, la llegada de este grupo de aves a un área depende de la presencia de árboles (vivos o muertos) disponibles para la construcción de sus cavidades, lo cual no siempre se evidencia en las áreas en las primeras fases del proceso de restauración. Por lo cual, si el objetivo es restablecer la construcción de cavidades en un área por la avifauna, deben considerarse estrategias que promuevan la llegada de los excavadores primarios y, posteriormente, secundarios, como la incorporación de cavidades artificiales.