

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HORMIGAS
ASOCIADAS A PASTIZALES, RASTROJOS Y BOSQUES DE MANGLAR DE
UNA ISLA DE ORIGEN ARRECIFAL EN EL CARIBE COLOMBIANO.**

Andrés Mauricio Gómez-Cifuentes

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ, D.C.
JUNIO DE 2011**

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HORMIGAS
ASOCIADAS A PASTIZALES, RASTROJOS Y BOSQUES DE MANGLAR DE
UNA ISLA DE ORIGEN ARRECIFAL EN EL CARIBE COLOMBIANO.**

Andrés Mauricio Gómez-Cifuentes

Ingrid Schuler, Ph.D.

Decana Académica

Andrea Forero, B.sc.

Directora del Programa Académico

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HORMIGAS
ASOCIADAS A PASTIZALES, RASTROJOS Y BOSQUES DE MANGLAR DE
UNA ISLA DE ORIGEN ARRECIFAL EN EL CARIBE COLOMBIANO.**

Andrés Mauricio Gómez-Cifuentes

Giovanny Fagua G. M.Sc.

Director

Adriana Sáenz A. M.Sc.

Jurado

NOTA DE ADVERTENCIA

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y a Carolina Casas Figueroa por el apoyo incondicional. A Giovanni Fagua, Director del proyecto y Curador de la Colección de Entomología, por la confianza depositada en mí, por creer, guiarme y corregirme. A Fabio Gómez por permitirme conocer Isla Fuerte, por su ayuda y grandes aportes. Al grupo de investigación en Entomología “Élitros” de la Pontificia Universidad Javeriana, por sus aportes y comentarios. A Juliana Durán por introducirme en el mundo de las hormigas y guiarme. A Andrés Sánchez por su oportuna ayuda en la taxonomía de las hormigas. A “el gordo” por la ayuda prestada en la fase de campo, a “Doña Agustina” y a “Don Juan” por abrirme las puertas de su casa y en general a la comunidad de Isla Fuerte.

Tabla de contenido

Resumen	1
INTRODUCCIÓN	2
PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	2
MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA	3
Coberturas terrestres	3
Clima.....	5
Ecología de las comunidades de hormigas	5
Ciclo de vida de la colonia.....	6
Teoría de Islas.....	6
Diversidad de hormigas en Bosque seco Tropical (Bs-T)	8
Diversidad de hormigas en bosques de manglar.....	8
OBJETIVOS	9
General.....	9
Específicos	9
METODOLOGÍA	10
Área de estudio	10
Fase de campo	12
Fase de laboratorio	12
Análisis de datos.....	13
RESULTADOS	13
Eficiencia del muestreo	13
Composición de las comunidades de hormigas	15
Estructura de las comunidades de hormigas	19
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	27
RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	28

Resumen

Se realizó un inventario rápido de las hormigas de Isla Fuerte, Bolívar-Colombia, en el mes de Enero de 2011, con el objetivo fue evaluar la estructura y composición de las comunidades de hormigas asociadas a pastizales, rastrojos y bosques de manglar de esta isla de origen arrecifal del Caribe colombiano. Para ello se trabajaron 10 puntos de muestreo al azar en cada cobertura, 30 en total, la colecta de hormigas se hizo a través del protocolo modificado *ALL: All Ants of the Lief-Litter*. Se obtuvieron hormigas en 455 de las 540 muestras colectadas, registrando 7 subfamilias, 16 géneros y 45 especies. La subfamilia con mayor abundancia fue Myrmicinae con 216 individuos, 40 en bosque, 72 en pastizal y 104 en rastrojo, lo que representó el 48% del muestreo total; Ecitoninae fue la de menor abundancia con 8 individuos, 3 en pastizal y 3 en rastrojo y ninguno en el bosque de manglar, lo que represento el 1% del muestreo total. El género más abundante fue *Pheidole* con 105 individuos y el de menor abundancia fue *Linepithema* con 1 individuo. Las especies más abundantes fueron *Ectatomma ruidum* y *Crematogaster* sp. 2. La riqueza específica fue mayor en el rastrojo con 28 especies mientras que en el bosque de manglar y pastizal fue de 27. Se compararon los resultados obtenidos en esta investigación con los de Dix *et al.* en San Antero, Córdoba (46km de distancia) para explicar la diversidad de hormigas en la isla basados en la Teoría de Islas desarrollada por Mac Arthur y Wilson (1967). La diversidad de hormigas en Isla Fuerte fue baja en comparación a la de San Antero, explicable por ser una isla pequeña, sin embargo, la tasa de recambio de especies en la isla se consideraría alta dada la cercanía de la isla al continente (11 km de Paso Nuevo, Córdoba); de acuerdo a lo anterior, la diversidad de hormigas sería mayor si se analiza en comparación con Paso Nuevo, Córdoba, por lo que se recomienda realizar más estudios cerca a la isla para confirmar este resultado.

INTRODUCCIÓN

Las hormigas son uno de los pocos grupos animales con comportamiento social verdadero y también es uno de los grupos más estudiados a nivel mundial porque se distribuyen en todos los ecosistemas conocidos. Debido a esto y a su estrecha relación con la heterogeneidad de los ecosistemas, las hormigas han sido utilizadas como un grupo indicador de la diversidad de una comunidad o paisaje.

Los estudios de diversidad se han desarrollado principalmente en zonas continentales, ya que la mayoría de los ecosistemas se concentran en estas zonas; sin embargo, hay islas que también han sido parte del estudio de la diversidad de plantas y animales vertebrados e invertebrados. En Isla Fuerte la mayoría de los estudios realizados han sido marinos y costeros, ya que la isla presenta una extensa área arrecifal en sus alrededores. El único estudio no marino conocido en la isla es el de Correa (2006), en el que describió las coberturas terrestres en la isla, sin embargo no hace una caracterización estricta de la fauna y flora presente. Esta investigación entonces, se convierte en el primer estudio de insectos, específicamente de hormigas en la isla, además, está enfocado en explicar la diversidad de hormigas a través de la teoría de islas y con base en la comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con una realizada por Dix *et al.* (2005) en San Antero, Córdoba y por Baena y Alberico (1999) en Isla Gorgona.

La teoría de la biogeografía de islas o teoría de islas, desarrollada por Mac Arthur y Wilson (1967), ha sido poco explorada en Colombia, esto se relaciona directamente con el bajo número de estudios insulares que se han realizado. La teoría explica el comportamiento de la diversidad y riqueza de especies basados en el tamaño y distancia de la isla al continente y como son las tasas de recambio de especies entre la isla, el continente y viceversa.

PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Las hormigas son uno de los grupos taxonómicos de insectos más estudiados ya que presentan varias ventajas en la realización de monitoreos, muestreos, caracterizaciones e inventarios (Pérez y Fagua, 2009). Estos individuos hacen parte del orden Hymenoptera y se caracterizan por presentar una organización social compleja, pueden desarrollarse y

encontrarse en casi todos los ecosistemas debido a sus hábitos alimenticios generalistas (Pérez y Fagua, 2009). Las hormigas conforman la mayor biomasa depredadora de los ecosistemas tropicales, son importantes en la remoción y enriquecimiento del suelo, son dispersoras de semillas y hacen parte de la red trófica dentro del ecosistema ya que sirven de alimento para aves, mamíferos, otros insectos, etc. (Pérez y Fagua, 2009).

En Colombia hay un buen número de estudios sobre este grupo taxonómico, entre estos se destaca la lista de 500 especies reportadas en Colombia (Fernández, 1995), la revisión de hormigas neotropicales (Fernandez, 2003) o el manual de monitoreo (Pérez y Fagua, 2009); también están los estudios de Palacio (1999), Arias (2003), Zabala *et al.* (2003, 2006), Fernández (2000, 2001, 2002), Pérez *et al.* (2008) y para la región Caribe se reconoce el trabajo de Dix *et al.* (2005) principalmente. Sin embargo, aun quedan muchas zonas del Caribe colombiano sin estudiar, en especial las insulares de las que no se tiene suficiente información, de acuerdo con lo anterior surge la pregunta ¿Cómo es la estructura y composición de las comunidades de hormigas asociadas a pastizales, rastrojos y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal en el Caribe colombiano? Para ello, se realizó un inventario de las comunidades hormigas en Isla Fuerte para evaluar la estructura y composición de hormigas asociadas a rastrojos, pastizales y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal y relacionar la riqueza obtenida con las características insulares como tamaño y distancia al continente bajo el contexto de la teoría de biogeografía de islas.

Isla Fuerte-Bolívar, es una isla de origen arrecifal que cierra el cordón discontinuo de islas y bajos que inicia en Salmedina y se prolonga por casi 100 Km entre Cartagena e Isla Fuerte (Díaz *et al.* 1996), actualmente no se conocen estudios de insectos, aunque en la isla se han realizado trabajos costeros, marinos y sociales principalmente.

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA

Coberturas terrestres

A partir del trabajo de Correa (2006), se reconocen cuatro clases de coberturas terrestres en Isla Fuerte divididas así:

- Territorios agrícolas, en donde se encuentran cultivos permanentes, transitorios y mixtos, así como pastizales y rastrojos que ocupan aproximadamente el 75,3% (216,3 ha).
- Bosques y Áreas Seminaturales, dentro de las cuales se encuentran los bosques de manglar que representan aproximadamente el 18,1% (52 ha).
- Casquete urbano, que hacen referencia a los asentamientos urbanos concentrados que representan un 4,7% (13,4 ha).
- Superficies de agua, constituidas principalmente por zonas inundadas y cuerpos de agua como el de la laguna artificial que representan el 1,9% (5,4 ha) (Tabla 1).

De estas coberturas, se seleccionaron tres porque son homogéneas; estas fueron pastizales, rastrojales y bosques de manglar de estrato bajo que varían de 2 a 5m de altura con presencia de especies como Zaragoza (*Conocarpus erecta*), Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*), Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) y Mangle Negro (*Avicenia germinans*) (Correa, 2006).

Tabla 1: Descripción de las clases de coberturas terrestres presentes en isla Fuerte.

CLASE	GRUPO	CODIGO	DESCRIPCION	AREA (Ha)	% de Área
Territorios Artificializados	Urbano	Zu	Asentamiento urbano concentrado	13	4,7
Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Cp1	Cultivos permanentes de coco sin vegetación asociada	5	1,6
		Cp2	Cultivos permanentes de coco mixto con árboles frutales y/o cultivos de plátano	83	28,8
		Cp3	Cultivos permanentes de coco mixto con árboles frutales dispersos y rastrojos	28	9,7
		Cp4	Cultivos permanentes de coco con pastos y algunos árboles frutales dispersos	8	2,9
		Cp5	Árboles frutales mixtos con especies nativas y coco disperso	23	8,0
		Cp6	Cultivos de plátano con algunos frutales dispersos	8	2,6
	Cultivos transitorios	Ct	Cultivos transitorios de yuca, ñame, maíz, entre otros	14	4,8
	Cultivos mixtos	Cm	Cultivos permanentes de coco y plátano mixtos con cultivos transitorios de yuca, ñame y/o maíz	3	0,9
	Pastizales	Pa	Pastizales con presencia de árboles dispersos	16	5,4
	Rastrojos	R	Rastrojales	31	10,7
Bosques y áreas seminaturales	Bosques de manglar	Bma	Bosques de manglar de estrato alto que varía de 12 a 15 m, dominado por mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>)	21	7,4
		Bmb	Bosques de manglar de estrato bajo que varían de 2 a 5 m de altura con presencia de especies como Zaragoza (<i>Conocarpus erecta</i>), Bobo (<i>Laguncularia racemosa</i>) Mangle Rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) y (<i>Avicena germinas</i>)	31	10,7
Superficies de agua	Zonas inundadas	Zi	Zonas inundadas temporal o permanentemente por aguas lluvias y por el mar	5	1,8
	Cuerpo de agua	La	Laguna	0,3	0,1

Clima

Isla Fuerte presenta un clima seco y cálido, con una precipitación anual que varía entre los 900 a 1400 mm y con temperaturas que oscilan entre los 25 y 30 °C, con una temperatura anual promedio de 27 °C. De acuerdo a estas características Isla Fuerte puede ubicarse como un Bosque Seco Tropical (Bs-T) en el sistema de Holdridge (1967) (*sensu* Huertas, 2000).

Ecología de las comunidades de hormigas

Las hormigas son organismos eusociales, es decir, comunidades con división del trabajo reproductivo, cooperación en el cuidado de los individuos más jóvenes (cuidado parental-cooperativo) y con al menos dos generaciones capaces de compartir el trabajo de la colonia (Goodenough *et al.*, 2009). Han sido divididas en grupos funcionales o castas al interior de la colonia, cada casta cumple una función específica dentro de la colonia. Las obreras son la casta de mayor número de individuos dentro de una colonia, por lo que son las más frecuentes, este grupo no se reproduce y se encargan de recolectar el alimento, mantener y defender la colonia. En algunos casos algunas obreras se especializan en labores defensivas y son conocidas como otra casta: soldados. Otra casta son las hormigas reproductoras aladas, que se encargan de la reproducción; deben volar para conseguir pareja y así asegurar la dispersión de la colonia. El último grupo generalmente está conformado por un solo individuo, la reina, que se encarga de producir huevos durante toda su vida y por esto es normal que su tamaño sea grande y ancho, principalmente por la cantidad de huevos y grasa en su interior (Fernández, 2003).

La comunicación de las hormigas es por feromonas y se da entre hormigas de la misma colonia, entre colonias y entre especies; las feromonas pueden cumplir también otras funciones, por ejemplo le permite a la reina dar instrucciones a las obreras, a las obreras les permite dejar rastros hacia lugares estratégicos para la alimentación y otras feromonas les permiten alertar a la colonia de amenazas externas (Fernández, 2003).

Ciclo de vida de la colonia

De acuerdo con Fernández (2003), el ciclo de vida de una colonia de hormigas se divide en tres fases: fundamentación, crecimiento y reproducción. La primera se refiere al momento en el que una colonia se establece, la reina (reproductiva alada) se separa de su colonia, copula, e inicia una nueva colonia. La reina escoge un sitio, lo ocupa, y deposita los primeros huevos, estos se convertirán en obreras y la reina aprovecha su reserva alimenticia para sostener la primera generación de hormigas de la nueva colonia; continúa depositando huevos mientras que las primeras obreras en emerger comenzarán a buscar alimento para la reina y los huevos de las siguientes generaciones. En este momento, la colonia entra en la

fase de crecimiento, que se reconoce porque las primeras obreras entran en maduración, la reina tiene dos funciones vitales, poner huevos y controlar la colonia a través de la comunicación por feromonas. La fase termina cuando la colonia ha crecido lo suficiente como para generar alados, que se encargarán de la siguiente y última fase, la fase de reproducción, donde las hormigas aladas logran reproducirse entre ellas, los huevos fertilizados empiezan a diferenciar las hembras de la colonia para procesos reproductivos. Finalmente los alados vuelan lejos de la colonia en busca de un nuevo sitio donde puedan establecer otra colonia y así finalizar el ciclo.

Teoría de islas

La teoría de islas fue desarrollada inicialmente por Mac Arthur y Wilson (1967) para predecir la riqueza de especies en una isla; este modelo está basado en dos elementos esenciales: un área proveedora de colonizadores (continente); y una o varias islas de tamaños diferentes que se encuentren a distancias diferentes del área proveedora. A partir de estos elementos, Mac Arthur y Wilson proponen en su teoría que la riqueza de especies en cualquier isla dependerá siempre del equilibrio dinámico y estable entre la tasa de colonización (número de especies que colonizan la isla/unidad de tiempo) y la tasa de extinción (número de especies que se extinguen en la isla/unidad de tiempo) (Dajoz, 2002; Fig. 1). La tasa de colonización (inmigración) dependerá del número de especies presentes en la isla y de la cercanía de la isla al continente ó área proveedora, según esto, una isla con muchas especies tendrá más dificultades para establecer a otras especies nuevas, e islas más cercanas al continente tendrán más inmigrantes (Dajoz, 2002). Por otro lado, la tasa de extinción dependerá del número de especies presentes en la isla y del tamaño de la isla, por ejemplo, mayor número especies igual a mayor tasa de extinción a medida que los espacios disponibles sean ocupados e islas más grandes soportarán poblaciones más grandes, lo que hace que la tasa de extinción sea menor (Dajoz, 2002).

Las predicciones de la teoría son: el equilibrio debe ser dinámico y estable; islas más grandes y cercanas tendrán mayor diversidad; islas pequeñas y alejadas tendrán menor diversidad, la tasa de recambio de especies será más alta en islas cercanas y pequeñas que

en islas grandes y lejanas (Fig. 1). Isla Fuerte tendría una alta tasa de recambio de especies por ser pequeña y cercana al continente y una baja diversidad por su tamaño.

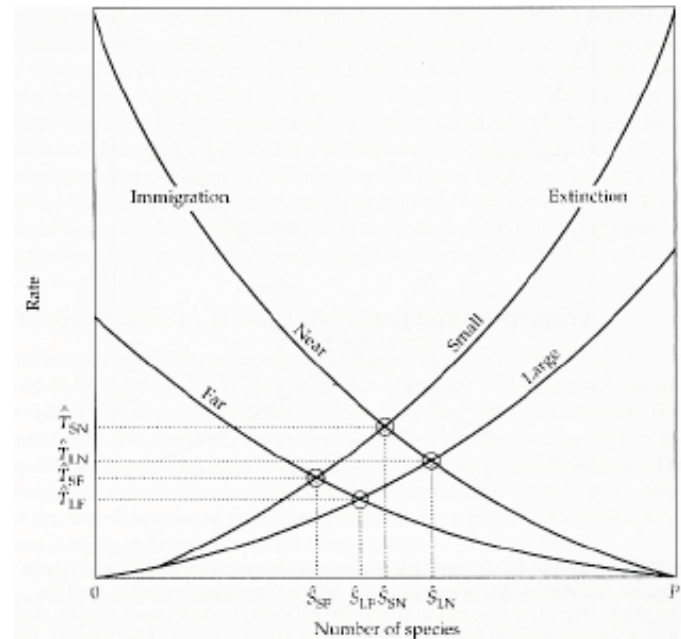


Figura 1: Comportamiento entre las tasas de colonización (inmigración) y extinción a partir de la distancia de la isla al continente y el tamaño de la isla. Tomado de: Dajoz, (2002).

Diversidad de hormigas en Bosque seco Tropical (Bs-T)

Isla Fuerte se caracteriza porque presenta remanentes de Bosque seco Tropical (Bs-T), este ecosistema se define como una formación vegetal boscosa continua que tiene una distribución específica entre los 0 – 1000m de altitud, que se caracteriza por presentar temperaturas superiores a los 24° C y precipitaciones anuales entre los 700 y los 2000mm (IAVH, 1998). A partir de los estudios realizados en nuestro país en el bosque seco tropical (Bs-T), se ha registrado una alta diversidad de escarabajos estercoleros (Scarabaeinae) y de hormigas (Formicidae). Es importante resaltar que la mayor riqueza de estas especies se ha registrado en el bosque Amazónico de los alrededores de Leticia con 237 especies (Perez *et al.* 2009), seguido por el valle geográfico del río Cauca con 123 especies, **la región Caribe con 94 especies** y por el valle seco del río Magdalena, con 63 especies (IAVH, 1998).

La amplia distribución de hormigas en los bosques secos tropicales genera altas diversidades. De acuerdo a los estudios de Díaz *et al.* (2009), Ambrecht y Ulloa-Chacon

(1999), Lozano-Zambrano *et al.* (2009) y Dix *et al.* (2005), las subfamilias Myrmicinae, Formicinae, y Dolichoderinae, y los géneros *Crematogaster*, *Wasmannia*, *Solenopsis*, *Camponotus* y *Azteca*, son los más representativos en los muestreos realizados por ellos en el bosque seco tropical (Bs-T).

Diversidad de hormigas en bosque de manglar

Isla Fuerte presenta un área importante de bosques de manglar al norte y algunos remanentes al sur y occidente de la isla. Los bosques de manglar se caracterizan porque son asociaciones vegetales tropicales y subtropicales con atributos morfológicos, fisiológicos y reproductivos comunes, que les permite habitar ambientes salinos, anóxicos, inundables e inestables (Orjuela *et al.*, 2008). La característica más importante de los bosques de manglar es la alta tolerancia a la salinidad, para ello, estos árboles presentan raíces “zancos” con lenticelas, también llamados “poros respiratorios” y neumatóforos. La presencia de semillas vivíparas o semillas que germinan unidas a la planta madre, es otra característica importante de estos árboles, porque estas semillas se dispersan por el agua, lo que les otorga una alta capacidad para flotar en periodos de tiempo largos (Orjuela *et al.*, 2008).

La diversidad de hormigas en bosques de manglar es alta, de acuerdo a las investigaciones de Clay y Andersen (1996), Nielsen (2001), Nielsen y *et al.* (2005), Nielsen y Christian (2007), y Nielsen (2011), las subfamilias Myrmicinae y Formicinae, y los géneros *Camponotus*, *Polyrachis* y *Oecophylla*, son los más representativos en estos ambientes. Se destaca la especie *O. smaragdina*, que son las denominadas “Hormigas verdes”, las cuales son específicas para estos árboles y se han registrado en bosques de manglar de Australia, India, China y Filipinas (Bolton, 2011). Además, se han registrado los géneros *Crematogaster*, *Odontomachus*, *Tetraoponera* y *Polyrachis* en Singapur (Sivatoshi *et al.*, 2001) y *Camponotus* en Australia (Nielsen *et al.*, 2005).

OBJETIVOS

General

Evaluar la estructura y composición de las comunidades de hormigas asociadas a pastizales, rastrojos y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal en el Caribe colombiano.

Específicos

- Describir la composición de hormigas presentes en pastizales, rastrojos y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal.
- Estimar la dominancia y diversidad de hormigas presentes en pastizales, rastrojos y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal.
- Comparar las comunidades de hormigas asociadas a pastizales, rastrojos y bosques de manglar de una isla de origen arrecifal.
- Comparar los resultados de riqueza y diversidad de especies de Isla Fuerte con lo obtenido en territorios insulares y continentales semejantes.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Isla Fuerte, Bolívar-Colombia se encuentra localizada entre los 9° 24' 30" latitud N y los 76° 10' 00" longitud O sobre la parte sur central de la plataforma continental del Caribe colombiano (Fig. 2). El origen de la isla se relaciona con el del archipiélago de Islas del Rosario y Barú, a partir de la información de Vernet (1982, 1985), Sánchez (1995) y Parada-Ruffinatti (1996) y en base a los modelos glacioeustáticos de Clark *et al.* (1978). El origen de Isla Fuerte se dio en el Pleistoceno, por actividades diapíricas de lodos y por la tectónica de placas que formaron elevaciones en toda la plataforma hasta alcanzar la zona fótica, en donde se asentaron las primeras colonias coralinas; ya en estas zonas fóticas el nivel del mar estuvo por encima y por debajo de estas construcciones arrecifales, lo que generó procesos erosivos que más adelante se convirtieron en terrazas aéreas y que alcanzaron diferentes alturas entre los 9 y los 12m durante los años siguientes, vale la pena resaltar la última regresión marina, producto de la última glaciación, donde en nivel del mar bajo a 120m del actual, esto permitió una fuerte exposición de las construcciones arrecifales

a la erosión subaérea y aérea, que termino colapsando las estructuras calcáreas (Cendales *et al.* 2002), lo que termino de formar el archipiélago de Islas del Rosario, Barú e islas cercanas, entre las cuales se incluye a Isla Fuerte. Esta isla pertenece gubernamentalmente al departamento de Bolívar, y es regida por la ciudad de Cartagena de Indias. Se encuentra a 11 km de Paso Nuevo-Córdoba. Se caracteriza por ser una isla de origen arrecifal que se describe como una plataforma calcárea elevada que tiene una pequeña inclinación de N-S, la superficie total que abarca la isla es de 13 km², de los cuales solo el 20% están emergidos (3,25km²), al NE de la isla (Fig. 3), sobresaliendo de la superficie marina y alcanzando una elevación máxima de 12 m (Díaz *et al.*, 1996). El principal poblado es Puerto Limón (Correa, 2006)

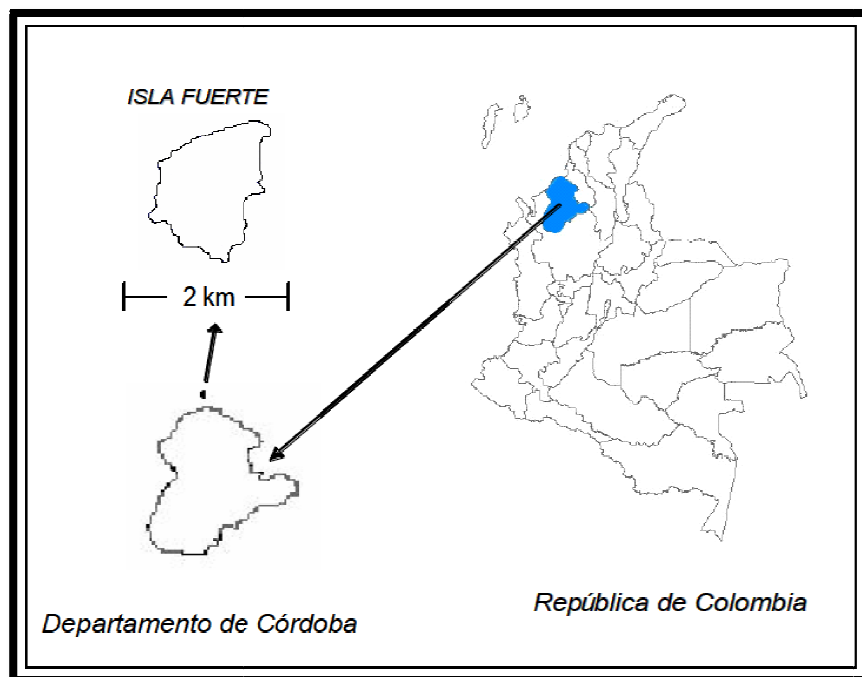


Figura 2: Ubicación geográfica de isla Fuerte. Tomado de: Correa (2006).

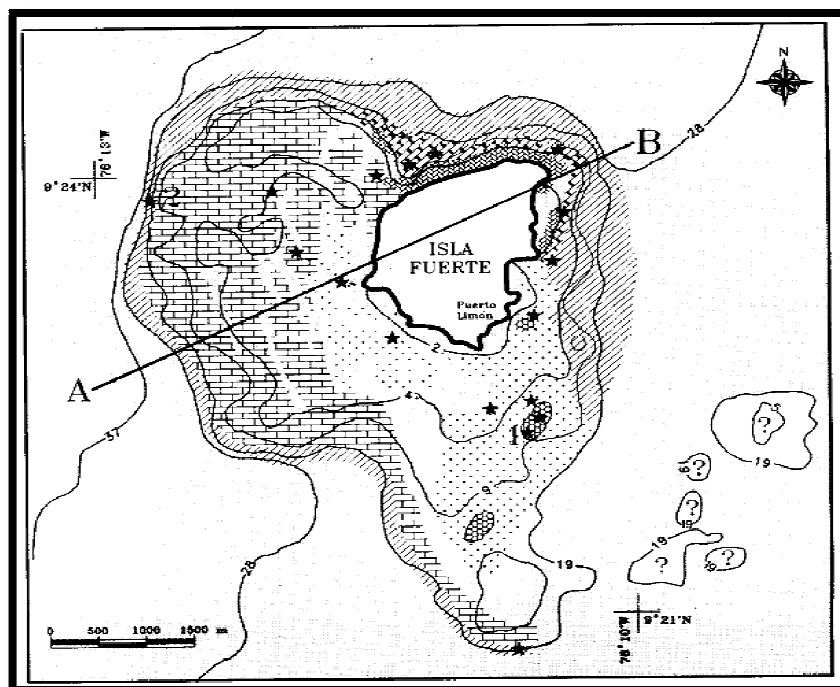


Figura 3: Topografía de la plataforma insular de Isla Fuerte. *Tomado de:* Díaz *et al.* (1996).

Fase de campo

Se realizó un muestreo por puntos elegidos al azar, 10 por cada tipo de cobertura seleccionado, 30 puntos en total. En cada punto se delimitó un cuadrante de 10x10 m, colocando en sus esquinas 1 trampa *pitfall* cebada (Fig. 4). Se colocaron 3 trampas corner en el centro de cada lado de la parcela, cada corner en diferentes estratos, uno hipogeo, otro epigeo y otro arbustivo, completando por cada cuadrante 12 trampas corner en total (Fig. 4). Las trampas *pitfall* y corner permanecieron activadas durante 48 h. En el caso de las corner se procedió a realizar una revisión cada 3 horas. En la mitad del cuadrante se tomó una muestra de hojarasca de un metro cuadrado que se trabajó por medio de la técnica del saco Winkler dejando la muestra en deshidratación durante 48 h (Villareal *et al.* 2006). Finalmente se realizó un evento de colecta manual en una parcela interna de 1x5 m durante 15 minutos (Pérez y Fagua, 2009; Fig. 4).

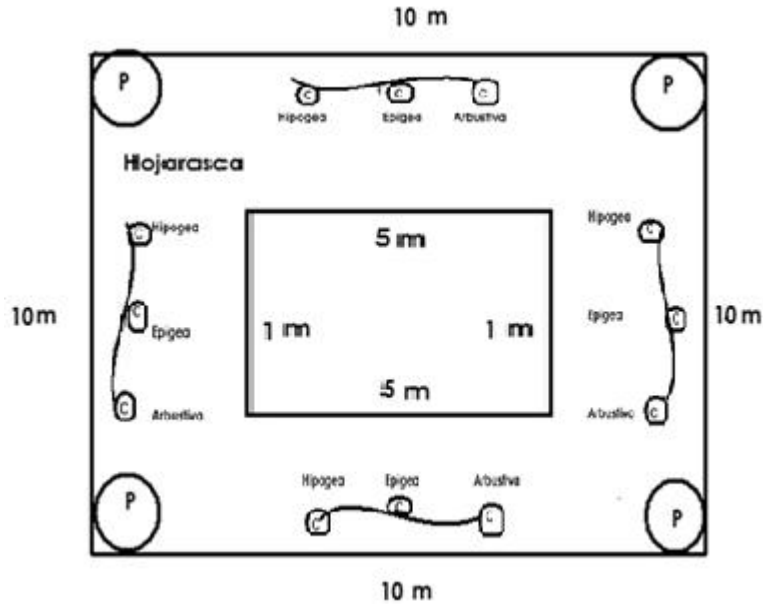


Figura 4: Cuadrante para la colecta de hormigas basado en el protocolo modificado *ALL: Ants of the Leaf-Litter* (Pérez y Fagua, 2009).

Fase de laboratorio

El material colectado fue transportado al laboratorio de entomología de la Pontificia Universidad Javeriana en donde todas las muestras fueron depositadas en frascos de vidrio con alcohol al 70%, cada muestra fue debidamente etiquetada con información general y específica de la ubicación geográfica, donde se colectó, tipo de trampa o evento de colecta, fecha y colector. Las hormigas colectadas fueron separadas a subfamilia mediante el uso de las claves de Fernández (2003), a género mediante las claves de Fernández (2003) y la base de datos de ANTWEB y a especie y morfoespecie, según el caso, mediante el uso de las claves e ilustraciones específicas y la base de datos de ANTWEB.

Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos se utilizó la frecuencia, anotando la presencia (1) o ausencia (0) de la especie/morfoespecie por trampa y registrando las abundancias como la suma de las frecuencias de captura dentro de la unidad muestral y así evitar problemas estadísticos generados por el carácter social de las hormigas (Sánchez, A. 2009).

Para estimar la representatividad del muestreo se utilizaron curvas de acumulación de especies con los estimadores de riqueza de frecuencia ICE, Chao2, Jackknife2 y Bootstrap, mediante el uso del programa EstimateS versión 8.2.0 (Colwell 1994-2009) y Excel para la eficiencia de trampas. Para analizar la diversidad β se utilizó el índice de afinidad Bray-Curtis mediante el programa BioDiversity Professional versión 2 (McAlece 1997), por medio de este índice se estimó la similitud entre las coberturas. La diversidad de especies de hormigas entre coberturas se estimó usando el índice de diversidad de Shannon y el de dominancia de Simpson (Tabla 3), obtenidos mediante el programa BioDiversity Professional versión 2 (McAlece 1997).

RESULTADOS

Eficiencia del muestreo

Según los estimadores de riqueza la eficiencia del muestreo total fue representativa pero no la óptima (Fig. 5) capturándose entre el 67 y 98% de las especies esperadas en base a los estimadores de riqueza (67% Jackknife 2, 70% ICE, 73% Chao2, 73% Bootstrap y 98% MMMean). Además las curvas de únicos y duplicados no tendieron a disminuir, pero el análisis gráfico indicó que los duplicados si seguían la tendencia de alcanzar a las especies únicas, indicativo de un esfuerzo óptimo.

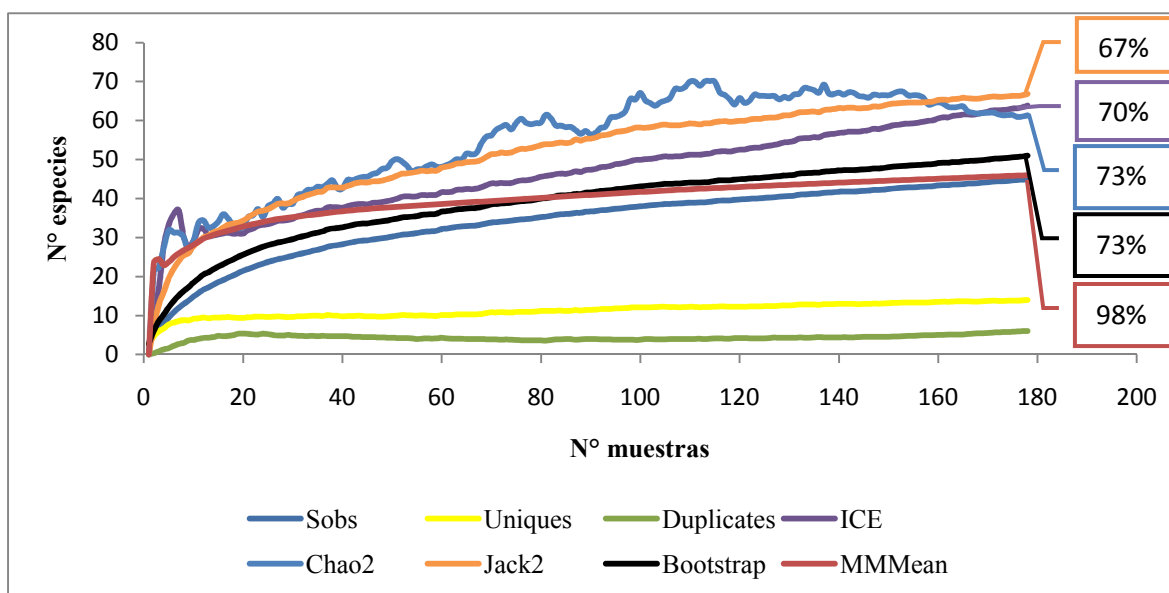


Figura 5: Estimadores de la eficiencia del muestreo total. En los cuadros se destaca el porcentaje de eficiencia.

Respecto de la efectividad por tipo de colecta, de las 455 muestras con hormigas colectadas, 231 correspondieron a trampas pitfall, 151 trampas corner, 65 por colecta manual y 8 en sacos Winkler (Fig.6). Esto demuestra que las trampas pitfall fueron las más eficientes en todo el muestreo, ya que el 50,76% de las hormigas se colectaron mediante estas trampas, mientras que las menos eficientes fueron las de los sacos Winkler, donde se colectaron solo el 1,75% del total de las hormigas, aunque esto fue proporcional al menor número de trampas instaladas.

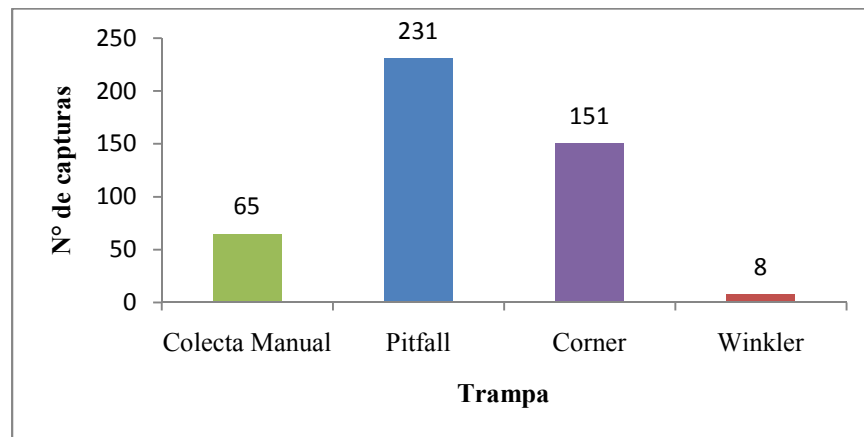


Figura 6: Número de colectas por tipo de muestreo.

Composición de las comunidades de hormigas

Se obtuvieron hormigas en 455 de las 540 muestras colectadas. 49 contuvieron hormigas de la subfamilia Dolichoderinae, 6 de Ecitoninae, 42 Ectatomminae, 100 Formicinae, 216 Myrmicinae, 34 Ponerinae y 8 Pseudomyrmicinae (Fig. 7). Respecto a la distribución por género, de Myrmicinae se obtuvieron 5 géneros: *Solenopsis*, *Crematogaster*, *Cephalotes* y *Monomorium* y *Pheidole*; 4 de Dolichoderinae: *Dolichoderus*, *Azteca*, *Tapinoma* y *Linepithema*; 3 de Formicinae, *Paratrechina*, *Brachymyrmex* y *Camponotus* y uno para Ectatomminae (*Ectatomma*), Ponerinae (*Odontomachus*) y Pseudomyrmicinae (*Pseudomyrmex*). En total se obtuvieron 27 especies más 18 morfoespecies.

Myrmicinae presentó la mayor abundancia, encontrándose en 216 muestras, incluyendo 5 géneros y 16 especies/morfoespecies, lo que representa 48% del total del muestreo, seguida por Formicinae, presente en 100 muestras con 3 géneros y 10 especies/morfoespecies, 22%

del muestreo, y Dolichoderinae con 49 muestras, 4 géneros y 10 especies/morfoespecies, un 11% del total (Fig. 7).

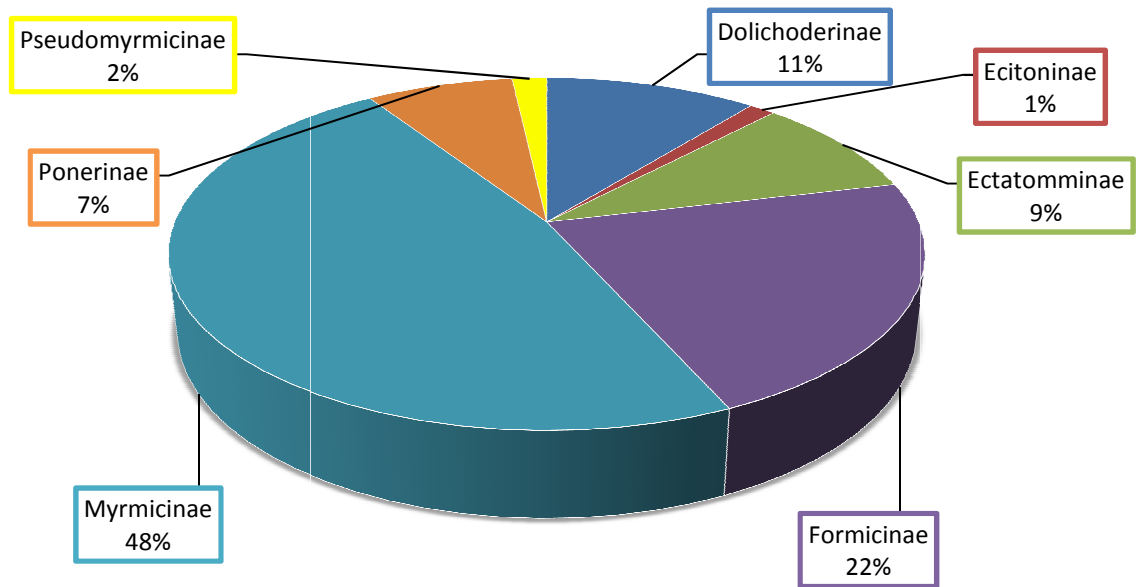


Figura 7: Porcentaje de especies y morfoespecies por subfamilia para el total del muestreo.

Se obtuvieron 16 géneros, los de mayor abundancia fueron *Pheidole* presente en 105 muestras, *Crematogaster* con 79, *Camponotus* con 47 y *Ectatomma* con 42 (Fig. 8). Los restantes géneros se presentaron en menos de 40 muestras, mientras que *Cephalotes* y *Monomorium* estuvieron en 2 cada uno y *Linepithema* en 1 (Fig. 8).

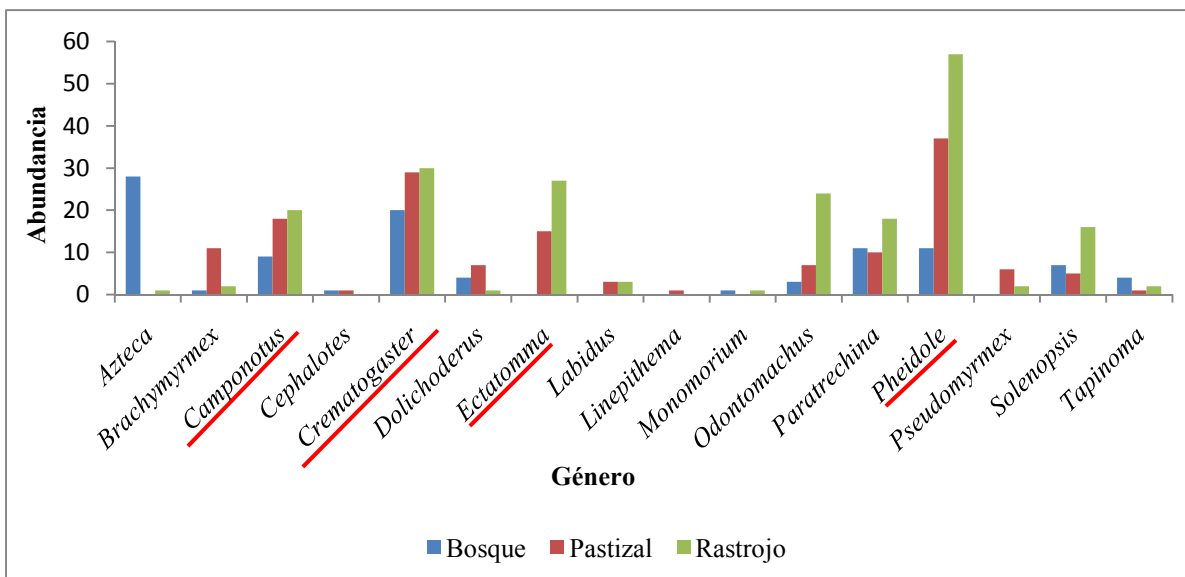


Figura 8: Número total de géneros y su abundancia de acuerdo a la cobertura. En rojo los géneros más abundantes.

Respecto de las 45 especies/morfoespecies, 6 tuvieron los valores de abundancia más altos: *Camponotus traili*, *Crematogaster* sp. 1, *Crematogaster* sp. 2, *Ectatomma ruidum*, *Odontomachus hastatus* y *Pheidole* sp. 1 (Tabla 2).

Por su parte, *Cephalotes* sp. 1, *Cephalotes aff. laminatus*, *Azteca* sp. 2 y 3, *Camponotus* sp. 1 2, 3 y 4, *Linepithema aff. anathema*, *Monomorium aff. pharaonis*, *Monomorium* sp. 1, *Pseudomyrmex aff. curacaensis*, *Pseudomyrmex aff. maculatus_cf.*, *Pseudomyrmex aff. particeps* y *Pseudomyrmex* sp. 1, se presentaron en una sola muestra en todo el muestreo (Tabla 2).

La mayor riqueza específica entre coberturas la obtuvo el rastrojo con 28 especies, mientras que el bosque y el pastizal obtuvieron de 27 especies.

Tabla 2: Riqueza de especies. Los datos en negrilla son las especies con mayor abundancia.

Especie / Morfoespecie	Cobertura			Abundancia
	Bosque	Pastizal	Rastrojo	
<i>Azteca aff. alfari</i>	12	-	-	12

<i>Azteca aff. ovaticeps</i>	2	-	-	2
<i>Azteca</i> sp. 1	8	-	-	8
<i>Azteca</i> sp. 2	5	-	-	5
<i>Azteca</i> sp. 3	-	-	1	1
<i>Azteca</i> sp. 4	1	-	-	1
<i>Brachymyrmex patagonicus</i>	1	11	2	14
<i>Camponotus lindigi</i>	1	10	3	14
<i>Camponotus</i> sp. 1	-	-	4	4
<i>Camponotus</i> sp. 2	1	-	-	1
<i>Camponotus</i> sp. 3	1	-	-	1
<i>Camponotus</i> sp. 4	-	1	-	1
<i>Camponotus traili</i>	6	7	13	26
<i>Cephalotes aff. laminatus</i>	1	-	-	1
<i>Cephalotes</i> sp. 1	-	1	-	1
<i>Crematogaster</i> sp. 1	7	23	6	36
<i>Crematogaster</i> sp. 2	13	6	24	43
<i>Dolichoderus lugens</i>	4	7	1	12
<i>Ectatomma ruidum</i>	-	15	27	42
<i>Labidus coecus</i>	-	3	3	6
<i>Linepithema aff. anatema</i>	-	1	-	1
<i>Monomorium aff. pharaonis</i>	1	-	-	1
<i>Monomorium</i> sp. 1	-	-	1	1
<i>Odontomachus hastatus</i>	3	7	24	34
<i>Paratrechina bourbonica</i>	7	7	1	15

<i>Paratrechina guatemalensis</i>	-	-	2	2
<i>Paratrechina longicornis</i>	4	3	15	22
<i>Pheidole aff. acamata</i>	1	-	9	10
<i>Pheidole aff. scapulata</i>	3	3	10	16
<i>Pheidole desertorum</i>	4	8	11	23
<i>Pheidole rhea</i>	-	7	4	11
<i>Pheidole sp. 1</i>	1	18	20	39
<i>Pheidole sp. 2</i>	1	-	3	4
<i>Pheidole sp. 3</i>	1	1	-	2
<i>Pseudomyrmex aff. curacaensis</i>	-	-	1	1
<i>Pseudomyrmex aff. holmgreni</i>	-	2	-	2
<i>Pseudomyrmex aff. maculatus_cf.</i>	-	1	-	1
<i>Pseudomyrmex aff. particeps</i>	-	1	-	1
<i>Pseudomyrmex opaciceps</i>	-	2	-	2
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	-	-	1	1
<i>Solenopsis aff. albidula</i>	4	1	9	14
<i>Solenopsis aff. terricola</i>	-	2	3	5
<i>Solenopsis sp. 1</i>	3	2	4	9
<i>Tapinoma aff. annandalei</i>	4	-	1	5
<i>Tapinoma sp. 1</i>	-	1	1	2

Estructura de las comunidades de hormigas

El índice de diversidad de Simpson (Tabla 3), mostró que hubo una baja dominancia en todas las coberturas porque los valores están muy cercanos a cero, la mínima dominancia posible. Se destaca el bosque con la menor dominancia (0,065) de las 3 coberturas,

mientras que el índice de Shannon (Tabla 3) indicó que hubo una alta diversidad (Tabla 3), destacándose el bosque con un valor cercano a 3 (2,957).

Tabla 3: Resultados generales de los índices de dominancia de Simpson y diversidad de Shannon por cobertura.

INDICE	COBERTURAS		
	BOSQUE	PASTIZAL	RASTROJO
Simpsons	0,065	0,074	0,076
Shannon H' Log Base 2,718	2,957	2,864	2,829

Los índices de Shannon por trampas (Tabla 4) muestran que la colecta manual obtuvo el mayor valor de diversidad en todas las coberturas, en especial en el bosque de manglar, mientras que la de menor diversidad fueron las trampas corner.

Tabla 4: Índice de diversidad de Shannon por trampas.

TRAMPA/COBERTURA	BOSQUE	PASTIZAL	RASTROJO
Colecta manual	2,209	2,119	2,023
Corner	0,995	1,102	1,086
Pitfall	1,551	1,406	1,348

El índice de Simpson por trampas (Tabla 5) muestra que las trampas corner obtuvieron la mayor dominancia en todas las coberturas, en especial en el bosque de manglar, mientras que en la colecta manual se obtuvieron los valores más bajos de dominancia.

Tabla 5: Índice de dominancia de Simpson por trampas.

TRAMPA/COBERTURA	BOSQUE	PASTIZAL	RASTROJO
Colecta manual	0,079	0,074	0,117
Corner	0,389	0,351	0,327
Pitfall	0,218	0,259	0,263

Los análisis de agrupamiento muestran una similitud del 52% en la composición de las especies de rastrojo y pastizal, lo cual se interpreta como una semejanza media entre las coberturas (Ramírez, 1999) pero que pueden asumirse como muestras independientes por

ser inferior al 60%. Cabe destacar que estas dos coberturas compartieron las especies *Ectatomma ruidum*, *Pheidole rhea* y *Tapinoma* sp. 1, lo que explica su afinidad. En cuanto al bosque, se observó una similitud del 39% con cualquiera, rastrojo o pastizal, lo cual según Ramírez (1999) se interpreta como una semejanza baja, ya que está entre el 20 y el 40% y es equivalente a que las dos muestras incluyen comunidades completamente independientes (Fig. 9).

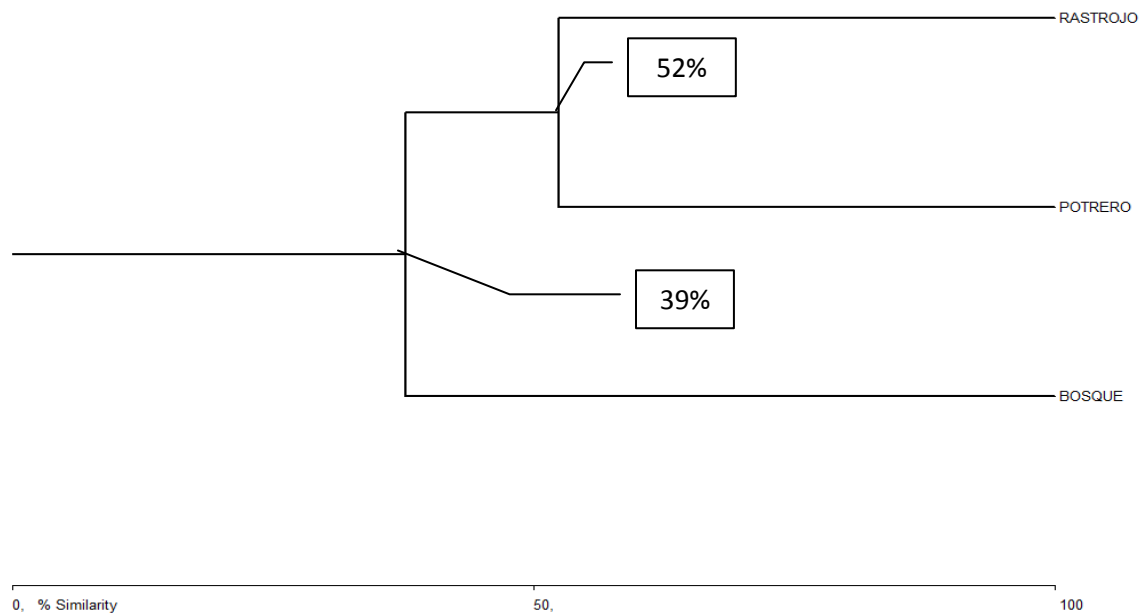


Figura 9: Análisis de afinidad de Bray-Curtis entre coberturas.

Finalmente, el índice de similitud cualitativo de Jaccard (Fig. 10) confirma el resultado obtenido en el índice de Bray-Curtis entre el pastizal y el rastrojo, ya que se obtuvo el mismo valor (52%), por lo tanto la interpretación es la misma, semejanza media (Ramírez, 1999) pero con independencia entre las muestras, es decir, pertenecen a comunidades diferentes. Sin embargo, el índice de Jaccard muestra una similitud de 41% entre el bosque y el pastizal-rastrojo, ligeramente superior al obtenido en Bray-Curtis pero que sigue mostrando una similitud baja.

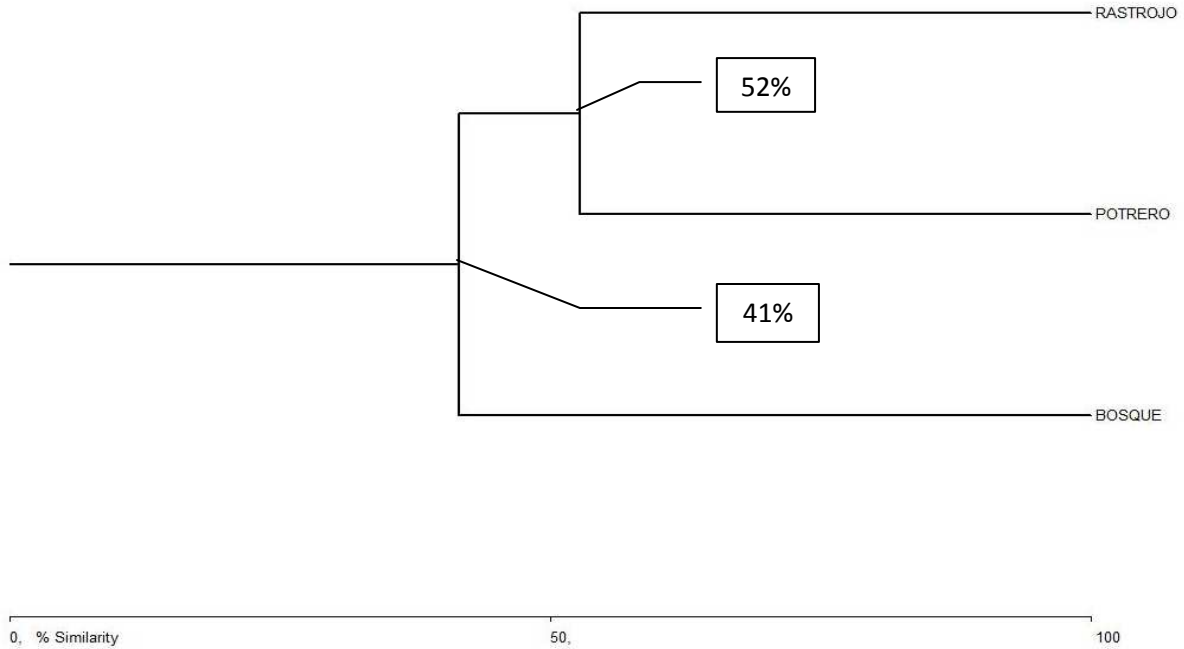


Figura 10: Análisis de similitud de Jaccard entre coberturas, este índice tiene en cuenta la presencia-ausencia de especies.

Comparación de riqueza y diversidad con territorios semejantes

La alta riqueza y diversidad de hormigas observada en Isla Fuerte planteo la necesidad de realizar comparaciones con estudios de ecosistemas semejantes. Al contrastar estos resultados con lo obtenido en Isla Gorgona y San Antero (Tabla 6), no se observó una gran diferencia entre los géneros y las especies reportadas, teniendo en cuenta la duración del muestreo y en el caso específico de la islas, el tamaño y la distancia de cada isla al continente. De acuerdo con esto, Isla Fuerte sería una Isla pequeña con una alta tasa de recambio debido a su cercanía al continente.

Tabla 6: Cuadro comparativo entre los estudios realizados en Isla Fuerte, Isla Gorgona y San Antero.

	Isla Fuerte	Isla Gorgona	San Antero
N° géneros	16	30	32
N° especies	45	60	54
Duración del muestreo	15 días	19 meses	6 meses
Tamaño de la isla	3,25 km ²	14,4 km ²	-
Distancia al continente	11 km	56 km	-

DISCUSIÓN

La eficiencia del muestro (Fig. 5) muestra que fue representativo pero no óptimo. Esta particularidad permite decir que si bien no se colectaron todas las especies posibles de la zona, lo que se colectó si es característico de los hábitats estudiados y no es un patrón caprichoso dependiente del azar.

Las subfamilias colectadas (Fig. 6) corresponden al 46,6% de las registradas en la región Neotropical. Este resultado coincide con el número y tipo de subfamilias que obtuvo Díaz *et al.* (2009) en su muestreo realizado en los Montes de María, Sucre y con el de que Dix *et al.* (2005) realizó en San Antero, Córdoba, aunque este último no registró Ectatomminae simplemente porque utilizó otro esquema clasificatorio que incluye a Ectatomminae dentro de Ponerinae.

Los lugares mencionados son muy cercanos al del presente estudio, por lo que la reducción en el número de subfamilias puede atribuirse muy probablemente al efecto de aislamiento que tienen las islas continentales (Dajoz, 2002) y a la fuerte intervención antrópica que tiene Isla Fuerte, donde el paisaje ha sido transformado casi completamente. Los dos eventos, aislamiento geográfico y alteración antrópica explicarían el bajo número de especies pero con el mismo número de subfamilias.

La mayor abundancia de Myrmicinae (Fig. 6) era de esperarse y coincide con los estudios de Rivera y Armbrecht (2005), Lozano-Zambrano *et al.* (2009) y Ulloa-Chacón *et al.* (2006), quienes encontraron que esta subfamilia no solo fue la más abundante, sino la de mayor riqueza genérica y específica, esto es atribuido a la diversidad de hábitos (Pérez y Fagua, 2009) que presentan, ya que pueden ser arborícolas (*Cephalotes*, *Crematogaster*), de suelo y hojarasca (*Pheidole*, *Pyramica*), asociadas con plantas (*Crematogaster*, *Allomerus*),

ser cultivadoras de hongos (*Attini*) o incluso con alimentarse de otras hormigas (*Crematogaster*) (Fernández, 2003).

La abundancia de Formicidae (Fig. 6), también puede atribuirse a su diversidad de hábitos y hábitats en especial la de los géneros *Camponotus* de hábitos arborícolas y *Paratrechina*, habitantes del suelo (Fernández, 2003). Dolichoderinae, que fue la siguiente, tiene en su mayoría especies omnívoras, lo que les permite alimentarse tanto de artrópodos muertos como de exudados de plantas, una gran ventaja en comparación con otras subfamilias (Fernández, 2003), además habitan lugares muy variados que van desde el suelo hasta el dosel arbóreo (*Tapinoma*, *Dolichoderus* y *Azteca*; Fernández, 2003).

Por otra parte, Pseudomyrmicinae (Fig. 6) obtuvo una baja abundancia y riqueza genérica, pero una considerable riqueza específica para este muestreo. La baja riqueza genérica de Pseudomyrmicinae resulta del hecho de que solo existen 3 géneros entre en Viejo Mundo y la región Neotropical, de los cuales 2 son de la región Neotropical exclusivamente, *Pseudomyrmex* y *Myrcidris* (Ward, 2003) y para Colombia solo se tienen registros del primer género, por lo tanto es común que esta riqueza genérica sea baja. Ecitoninae, presenta 5 géneros Neotropicales (*Cheliomyrmex*, *Eciton*, *Labidus*, *Neivamyrmex* y *Nomamyrmex*), todos estos están registrados en Colombia, aunque en esta investigación solo se registra a *Labidus* con valores de abundancia bajos.

Pheidole fue el género más abundante en todo el muestreo (Fig. 7), y en general lo es para la mayoría de estudios con hormigas como los de Vergara *et al.* (2007), Dix *et al.* (2005), entre otros. Esto se debe a que *Pheidole* cuenta con más de 1.500 especies en todo el mundo, 95 para Colombia. Este género y *Camponotus* son los que contienen más especies en el mundo. *Camponotus* registra casi 1.000 especies (Fernández, 2003) y esto fue coherente con el muestreo en Isla Fuerte, donde su abundancia fue alta (Fig. 7). La mayoría de las especies son arbóreas y se alimentan de las secreciones azucaradas de los áfidos y de otros artrópodos (Gómez y Espalader, 2007).

La especie más abundante fue *Ectatomma ruidum* (Tabla 2), estas hormigas son buenas cazadoras que se distribuyen en Centro y Sur América. Tienen alta dominancia en zonas de bosques y en cultivos de importancia económica (Santamaría *et al.* 2009), también se han registrado importantes funciones ecológicas en agroecosistemas, ya que remueven las semillas (Escobar *et al.*, 2007), lo que según Santamaría *et al.* (2009) promueve la rehabilitación y el buen estado de los pastizales y de las zonas degradadas a causa de la intensa remoción de materia y energía por parte de las obreras de esta especie.

Odontomachus hastatus fue la segunda especie más abundante; también son cazadoras exitosas que tienen un par de mandíbulas que producen un ataque que se conoce como “golpe de mandíbula”, este movimiento se caracteriza porque estas hormigas pueden abrir las mandíbulas hasta 180 grados que se cierran en 0.3 milisegundos cuando han percibido a la presa. Además hacen largas excursiones fuera de sus nidos para atrapar otras hormigas e insectos pequeños (López, 2002).

La estructura de una comunidad está dada principalmente por tres atributos: el número de especies, la abundancia relativa de las especies y los rasgos morfológicos, fisiológicos y de comportamiento de las especies (Dajoz, 2002). Para este estudio el índice de dominancia de Simpson (Tabla 3) mostró muy baja dominancia en las tres coberturas, en especial en el bosque. Según Hair (1980) los valores de dominancia son producto de las abundancias de 1 o más especies diferencialmente más abundantes. De acuerdo a esto, la baja dominancia obtenida es producto de la homogeneidad de varias especies, entre estas *Ectatomma ruidum* (42 individuos), *Crematogaster* sp. 1 (36) y sp. 2 (43), *Pheidole* sp. 1 (39) y *Odontomachus hastatus* (34). Por otra parte, el índice de Shannon-Wiener refleja una alta diversidad en todas las coberturas, en especial en el bosque (2,957), y con valores muy cercanos entre el pastizal (2,864) y el rastrojo (2,829).

El índice de Shannon por trampas (Tabla 4), muestra que la mayor diversidad se obtuvo a través de la colecta manual (2,209 bosque, 2,119 pastizal y 2,023 rastrojo), esto es atribuido a que este método de colecta se utiliza con especies de amplia diversidad de nichos, como en el interior de los troncos en descomposición, en diversas partes de la vegetación y en la

hojarasca; además por este método se colectan las especies menos frecuentes por lo que no se depende 100% del azar (Fagua *com. pers.*, 2011). El índice de Simpson por trampas (Tabla 5) muestra que el mayor valor de dominancia se obtuvo con las trampas corner (0,389 bosque de manglar, 0,351 pastizal y 0,327 rastrojo), lo cual se atribuye a que las trampas corner tienen una mayor especificidad, ya que solo entran hormigas pequeñas y por lo general las especies dominantes se quedan en la trampa aprovechando el cebo, lo que genera que haya una menor proporción de las hormigas raras en estas trampas (Fagua *com. pers.*, 2011).

Los índices de similitud se utilizan en estudios de diversidad para expresar el grado de semejanza en la composición de especies y sus respectivas abundancias en dos o más muestras o comunidades y son frecuentemente usados para medir la diversidad beta (Villareal *et al.* 2006). El análisis de similitud refleja independencia de las muestras de las tres unidades de paisaje, con un grado de similitud entre el rastrojo y el pastizal del 52% (Fig. 9), lo cual puede interpretarse como una semejanza baja entre estas coberturas, que resultaron completamente independientes de lo colectado en el bosque. Dada su semejanza baja (inferior al 40 %, según Ramírez 1999), se asume que las muestras incluyen comunidades completamente independientes.

El índice de afinidad de Bray-Curtis expresa el grado de semejanza entre dos o más muestras a partir de las especies presentes en ellas (Moreno, 2001). En este caso, este índice refleja un grado de similitud entre el rastrojo y el pastizal del 52% (Fig. 9), lo cual según Ramírez (1999) se interpreta como una semejanza media entre coberturas, esto se explica porque *Ectatomma ruidum*, *Labidus coecus*, *Pheidole rhea*, *Solenopsis aff. terricola* y *Tapinoma* sp. 1 se encuentran exclusivamente en estas dos coberturas, además, vale la pena recordar que *Ectatomma ruidum* fue la especie más abundante del muestreo total (Tabla 2). Por otra parte, la similitud entre el bosque (bosque de manglar) y el rastrojo-pastizal fue de 39% (Fig. 8), lo que según la escala de interpretación de Ramírez (1999) es una semejanza baja, ya que se encuentra entre el 20 y el 40% y es equivalente a que las dos muestras incluyen comunidades completamente independientes.

El índice de Jaccard cualitativo (Fig. 10), que se define como la relación entre el número de especies compartidas entre muestras y el número total de especies exclusivas (Villareal *et al.* 2006), expresó la misma similitud entre el pastizal y el rastrojo, con un valor de 52% de similaridad. Sin embargo, entre el bosque de manglar y el pastizal-rastrojo se presentó un cambio importante, ya que el valor obtenido fue de 41% de similaridad, mientras que Bray-Curtis fue de 39%, este resultado de Jaccard se interpreta como una semejanza media entre coberturas (Ramírez, 1999), contrario a lo obtenido en Bray-Curtis donde la semejanza entre coberturas fue baja, finalmente la explicación para este resultado es que el índice de Jaccard tiene en cuenta los valores de presencia-ausencia.

El estudio de hormigas en zonas insulares en Colombia ha sido poco explorado, se destaca el estudio de Baena y Alberico (1991) en Isla Gorgona, Cauca, que reportó 30 géneros y 60 especies. Estos resultados no son tan diferentes con lo reportado en esta investigación, lo que demuestra que Isla Fuerte presenta una alta riqueza específica, teniendo en cuenta que Isla Gorgona tiene casi 4 veces el tamaño de Isla Fuerte, además de que el tiempo de duración del muestreo en Isla Gorgona fue de 7 meses, mientras que en Isla Fuerte fue de 15 días (Tabla 6). Isla Gorgona presenta además una menor intervención en sus unidades de paisaje, lo que genera una mayor homogeneidad de las mismas. Desde el punto de vista de la teoría de islas, este resultado se adapta al modelo que plantearon Mac Arthur y Wilson, ya que Isla Fuerte es una isla pequeña y cercana al continente (Fig. 1), lo que generaría una mayor tasa de recambio de especies entre la isla y el continente y se explicaría así su alta riqueza.

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos entre Isla Fuerte y San Antero, Córdoba, se evidenció que las especies encontradas son similares en ambos sitios (Tabla 6), esto es de alta importancia para esta investigación porque permite inferir la tasa de recambio de especies que hay entre la isla y el continente. En San Antero se reportaron 54 especies, agrupadas en 32 géneros y 6 subfamilias mientras que en Isla Fuerte se reportaron 45 especies agrupadas en 16 géneros y 7 subfamilias. Las especies que hay en común entre ambos estudios son *Ectatomma ruidum*, *Camponotus lindigi* y *Labidus coecus*; esta similitud entre especies es baja, teniendo en cuenta que los dos estudios se realizaron en

pastizales y en bosques, aunque en San Antero era un bosque secundario de galería y en Isla Fuerte bosques de manglar, sin embargo, la distancia que los separa es suficientemente grande para que este comportamiento se cumpla (46 km), ya que de acuerdo a Mac Arthur y Wilson (1967) islas pequeñas y alejadas del continente tienden a tener una menor diversidad.

CONCLUSIONES

Se colectó el 46,6% de las subfamilias registradas para la región Neotropical, Myrmicinae, como suele ocurrir, fue la de mayor abundancia principalmente porque incluye a *Pheidole* y *Crematogaster* dos géneros que se caracterizan por ser muy abundantes en la mayoría de los estudios realizados con hormigas. La especie más abundante fue *Ectatomma ruidum*, que es también la especie más frecuente del bosque seco tropical en Colombia.

La diversidad fue alta en general, el bosque de manglar obtuvo el mayor valor entre coberturas y existe en todas las coberturas una baja dominancia, esta baja dominancia está dada por que no existe una especie que tenga una abundancia significativamente mayor. De hecho seis de las 45 especies reportadas presentan abundancias semejantes, estas seis especies se caracterizan por ser grandes cazadoras, lo evidenciaría una fuerte competencia entre las especies presentes en todas las coberturas, lo que impediría la dominancia de alguna.

Se demostró que las dos coberturas incluyen comunidades completamente independientes y que la mayor riqueza entre coberturas la obtuvo el rastrojo con 28 especies, este resultado era el esperado porque esta cobertura es la más heterogénea y alojaría tanto especies de áreas intervenidas como conservadas.

Se reportó una diversidad considerable en Isla Fuerte, si se compara con los estudios en Isla Gorgona y San Antero, esto demuestra que Isla Fuerte presentaría una alta tasa de recambio de especies por su cercanía al continente.

RECOMENDACIONES

Ampliar el número de puntos de muestreo y el tiempo de la investigación basados en que la curva de acumulación de especies indicó que el muestreo no fue representativo, además intensificar los estudios en los pueblos continentales próximos a la isla (Moñitos, Paso Nuevo, San Bernardo del Viento, entre otros), para ampliar la información sobre el recambio de especies de la isla al continente y viceversa.

Revisar y actualizar las claves de hormigas a género y especie para Colombia, ya que existen aun muchos vacios que impiden el seguimiento de las claves y por lo tanto hace que muchas de las hormigas colectadas queden en morfoespecie lo que impide hacer comparaciones completas entre estudios.

Incrementar el número de estudios en las islas del Caribe y el Pacifico colombiano, para ampliar la información sobre las tasas de recambio de especies entre las islas y el continente para así desarrollar la teoría de islas en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Correa, D. Análisis multitemporal de la transformación de las coberturas terrestres entre 1946 y 2006, como aporte al fortalecimiento del área marina protegida en isla Fuerte, Caribe Colombiano. Trabajo De Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad De Estudios Ambientales Y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá, D.C. 2006. P. 144.

Dix, O., Martinez, J. y Fernández, C. Contribución al conocimiento de la mirmecofauna del Municipio de San Antero. Revista Colombiana de Entomología. 2005. 31: 97-104.

- Pérez y Fagua, G. Técnicas de campo en ambientes tropicales: manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. Primera edición. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Colección libros de investigación. Colombia. 2009. Pp. 215.
- Fernández, F. y E.E. P G. Hormigas de Colombia IV: Nuevos registros de géneros y especies. Caldasia, 1995. 17: 587-596.
- Palacio, E. E. Hormigas legionarias (Hymenoptera: Formicidae: Ecitoninae) de Colombia, pp. 117-189 en G. Amat, G. Andrade y F. Fernández, eds., *Insectos de Colombia* - Vol. II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 1999.
- Arias, T. 2003. Nuevos registros de especies de hormigas de la subfamilia Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) para Colombia. Caldasia 25 (2): 429-431.
- Zábala G. A. Vargas G. Gutierrez C. Cardona W. Chavez M. Fierro K. Y Chacón de Ulloa P. Hormigas cazadoras (Formicidae: Ponerinae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. Resúmenes del XXX 591. Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali. 2003. p. 104.
- Zábala G. Vélez M. y Góngora C. Nuevos registros de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 2006. 32(2): 221-229.
- Fernández, F. Notas taxonómicas sobre la "hormiga loca" (Hymenoptera: Formicidae: *Paratrechina fulva*) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 2000. 26(3-4): 145-149.
- Fernández, F. Hormigas de Colombia. XI: Nueva especie de *Lenomyrmex* (Formicidae: Myrmicinae). Revista Colombiana de Entomología. 2001. 27(3-4): 201-204.
- Fernández, F. Revisión de las Hormigas *Camponotus* subgénero *Dendromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). Papeis Avulsos do Departamento de Zoologia. 2002. 42(4): 47-101.
- Pérez, Luis Gabriel, Pérez, Gustavo Adolfo, Echeverri-Rubiano, Claudia, Sánchez, Andrés Fernando, Durán, Juliana y Pedraza, Lina María. Riqueza de hormigas

- (Hymenoptera: Formicidae) en Várzea y bosque de tierra firme de la región amazónica colombiana. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 2008. 45 (2): 477 – 483.
- Díaz, J. M.; J. A. Sánchez Y G. Díaz-Pulido. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 1996. 25:87-105.
- Huertas, R. Caracterización estructural, composición y estado de salud de las formaciones coralinas de Isla Fuerte, Bajo Burbujas y Bajo Bushnell, Caribe Colombiano. Trabajo de grado. Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales. Universidad de Antioquía. Medellín. 2000. 96 P.
- Goodenough, J., McGuire, B. y Jakob, E. *Perspectives on Animal Behavior*. Tercera edición. John Wiley and Sons Inc. U.S.A. 2009. Pp. 528.
- Fernández, F. (ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical: Capítulo 6: Introducción a la ecología de las hormigas*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia XXVI. 2003. 398 p.
- Dajoz, R. *Tratado de Ecología*. Mundi-Prensa Libros. Segunda edición. España. 2002. Pp. 600.
- Instituto Alexander von Humboldt, IAvH. *El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia*. Programa de Inventario de la Biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. IAVH. Villa de Leyva. 1998. Pp. 24.
- Díaz, J. Molano, C. y Gaviria, J. Diversidad genérica de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en ambientes de bosque seco de los montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*. 2009. 1(2): 1-7.
- Ambrecht, I. y Ulloa-Chacón, P. Rareza y Diversidad de Hormigas en Fragmentos de Bosque Seco Colombianos y sus Matrices. *Biotropica*. 1999. 31(4): 646-653.
- Lozano, F. Ulloa-Chacón, P. y Ambrecht, I. Hormigas: Relaciones Especie-Área en Fragmentos de Bosque Seco Tropical. *Ecology, Behavior and Bionomics. Neotropical Entomology*. 2009. Pp. 44-54.
- Orjuela, A., Villamil, C., Perdomo, L., López, A. y Sierra, P. Estado del conocimiento de los bosques de manglares. 2008. 89-108. En: INVEMAR. Informe del Estado de los

Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 2009. 244p

Bolton, B. 2011. AntWeb. En línea: <http://www.antweb.org/description.do?subfamily=formicidaygenus=Oecophyllayname=smaragdinarank=species>.

Sivatoshi, N., Lim, K., Murphy, H., NG, P., Soong, B., Tan, H., Tan, K. y Tan, T. A Guide to Mangroves of Singapore. The Ecosystem and Plant Diversity y Animal Diversity. Singapore Science Centre. 2001. Pp. 168.

Nielsen, M. Christian, K. Henriksen, P. y Birlmose, D. Respiration y mangrove ants *Camponotus anderseni* during nest submersion associated with tidal inundation in Northern Australia. Physiological Entomology. The Royal Entomology. 2005. Pp. 15.

Clay, R. y Andersen, A. Ant Fauna of a Mangrove Community in the Australian Seasonal Tropics, With Particular Reference to Zonation. Australian Journal of Zoology. 1996. 44, 521–533.

Nielsen, M. Distribution of the ant (Hymenoptera: Formicidae) fauna in the canopy of the mangrove tree *Sonneratia alba* J. Smith in northern Australia. Australian Journal of Entomology. Blackwell Science Pty. 2001. 39 (4): 275-279.

Nielsen, M. y Christian, K. The mangrove ant, *Camponotus anderseni*, switches to anaerobic respiration in response to elevated CO₂ levels. Journal of Insect Physiology. 2007. 53 (5): 505-508.

Nielsen, M. Ants (Hymenoptera: Formicidae) of mangrove and other regularly inundated habitats: life in physiological extreme. Myrmecological News. 2011. 14: 113-121.

Vernette, G. Huellas de la última transgresión marina en la región de Cartagena. Bol. Cient. CIOH. 1982. 4: 33-47.

Vernette, G. Le plate-forme continentale Caraïbe de Colombie: Importance du diapirism argileux sur le morphologie et la sédimentation. These Doctorat. Mem. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine. 1985. N° 20, 387 p.

Sánchez, J. A. Benthic communities and geomorphology of the Tesoro island coral reef, Colombian Caribbean. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín. 1995. 24: 55-77.

- Parada-Ruffinatti, C. Foraminíferos del Pleistoceno – Holoceno en el Caribe colombiano
Biblioteca José Jerónimo Triana. N° 14. Santa fe de Bogotá, 1996. 392 p.
- Clark, J. A., W. E. Farrel y W. R. Peltier. Global changes y postglacial sea level a
numerical calculation. *Quaternary Research*. 1978. 9: 265-287.
- Cendales, M. H., Zea, S. y Díaz, J. M. Geomorfología y unidades ecológicas del complejo
de arrecifes de las Islas del Rosario e Isla Barú (Mar Caribe, Colombia). *Rev. Acad.
Colom. Cienc.* 2002. 26 (101): 497-510.
- Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M.
Ospina y A.M Umaña. Segunda edición. Manual de métodos para el desarrollo de
inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de
Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
2006. 236 p.
- Sánchez, A. Estructura y composición de las comunidades de hormigas (Hymenoptera:
Formicidae) en microhábitats de dosel de la Reserva Dosel Tanimboca (Amazonas,
Colombia). Trabajo De Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad De
Ciencias. Carrera de Biología. Bogotá, D.C. 2009.
- Colwell, R.K. EstimateS. Statistical estimation of species richness and shared species from
samples. 1994-2009.
- McAleece. *BioDiversity Professional*. The Natural History Museum of London y Scottish
Association for Marine Science. 1997.
- Ramírez, A. Manual de Métodos y Procedimientos Estadísticos. Ministerio de Medio
Ambiente. Programa Ambiental de Manejo de Recursos Naturales. Bogotá 1999.
- Rivera, L. y Armbrrecht, I. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra,
de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología*. 2005.
31(1):89-96.
- Chacón de Ulloa, P., G. I. Jaramillo y M. M. Lozano: Hormigas urbanas en el
departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 2006. 30
(116): 435-441.

- Ward, P.S. Subfamilia Pseudomyrmecinae. En: Fernández, F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá, Colombia. 2003. 398 p.
- Vergara, E., Echavarría, H y Serna, F. Hormigas (Hymenoptera Formicidae) asociadas al arboterum de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 2007. N° 40: 497-505.
- Gómez, K. y Espalader, X. Género Camponotus. Asociación Ibérica de Mirmecología. AIM. 2007. En línea: <http://www.hormigas.org/xGeneros/Camponotus.htm>.
- Escobar, S., I. Armbrrecht y Z. Calle. Transporte de semillas por hormigas en bosque y agroecosistemas ganaderos de los Andes Colombianos. Revista Agroecología. 2007. 2: 65-74.
- Santamaría, C, Domínguez-Haydar, Y. y Armbrrecht, I. Cambios en la distribución de nidos y abundancia de la hormiga *Ectatomma ruidum* (Roger, 1861) en dos zonas de Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 2009. 10 (2): 10-18. Cali. Colombia.
- López, G. Mandíbulas de trampa. ¿Cómo ves? Revista de divulgación de la Ciencia de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México. 2002. N° 28. P. 10.
- Moreno, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. MyT–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. México. 2001. Pp. 86.
- Hair, J. D. Medida de la diversidad Ecológica. En: Orejas, B. y Fontes, A. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. The Wildlife Society. WWF. 1980. Pp. 703.
- Baena, M. L. y Alberico, M. Relaciones biogeográficas de las hormigas de la isla Gorgona. Revista Colombiana de Entomología. 1991. Vol. 17, N° 2: p. 24-31.
- Baena, M. L. Hormigas cazadoras del género *Pachycondyla* de la isla Gorgona y la planicie pacífica colombiana. Boletín del Museo de Entomología Universidad del Valle. 1993. 1(1): 13-21.

Instituto Alexander von Humboldt, IAvH. Caracterización ecológica de cuatro remanentes de Bosque seco Tropical de la región Caribe colombiana. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAVH, Villa de Leyva. 1997. Pp. 76

Fagua, G. *Comunicación personal*. Pontificia Universidad Javeriana. Laboratorio de Entomología. Bogotá. 2011.