



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE CIENCIAS

Caracterización de las comunidades de hormigas (Hymenoptera:  
Formicidae) en ambientes conservados y perturbados de la selva  
baja caducifolia de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en  
la costa del estado de Jalisco, México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

ANA CECILIA MENDOZA PILAR

DIRECTOR DE TESIS:

BIÓLOGO ALVARO RENÉ MIRANDA GARCÍA



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ  
Director General  
Dirección General de Administración Escolar  
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Caracterización de las comunidades de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en ambientes conservados y perturbados de la selva baja caducifolia de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en la costa del estado de Jalisco, México**

realizado por **Ana Cecilia Mendoza Pilar** con número de cuenta **301259217** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietaria Dra. Katherine Renton

Propietaria Dra. María Graciela García Guzmán

Propietario Biól. Alvaro René Miranda García  
Tutor

Suplente Dr. José Juan Blancas Vázquez

Suplente Dr. Arturo García Gómez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., A 16 DE MAYO DE 2016

JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A mis padres:

***Gustavo y Felicitas***

Gracias por todo el apoyo y amor que me han dado.

*Las hormigas van y vienen por el sendero bajo la hierba con sus inmensas cargas solidarias, su voluntad constructora, su disciplina ciega. No se preguntan para qué han nacido, cuál es el objeto de sus afanes, la justificación de su fatiga. Son libres: no tienen yo, carecen de ambiciones individuales, no les importa el peso del tiempo. Saben que están aquí porque siempre hubo hormigas y deben continuar su camino, contra el veneno y contra el pisoteo, sólo para impedir que este mundo se vuelva otro planeta muerto sin hormigas.*

José Emilio Pacheco.

# Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Ciencias**, lugares en donde también crecí y me formé.

A la **Fundación Ecológica de Cuixmala** por el apoyo económico otorgado para el desarrollo del presente trabajo, por el acogimiento en sus instalaciones y las facilidades brindadas durante nuestra estadía.

A la **Estación de Biología Chamela** por haber sido el espacio que permitió mi primera aproximación al maravilloso mundo de la selva baja.

A mi director de tesis **Álvaro Miranda** por el apoyo brindado y compartir su conocimiento sobre la zona de estudio, así como, por su importante labor en la obtención de los recursos para el desarrollo de este trabajo.

A los integrantes de mi **comité tutorial** por su amable colaboración en la revisión de este escrito; sin duda, sus comentarios y observaciones permitieron mejorar su contenido.

Un agradecimiento muy especial al **M. en C. Leopoldo Gómez Caudillo** por su amistad y apoyo moral; su ayuda y recomendaciones en la realización de los análisis estadísticos y su guía durante el escrito de esta tesis fueron fundamentales. De igual manera, quiero agradecer al **Dr. José Juan Blancas Vázquez** y a la **M. en C. Patricia Rojas**, quienes también por solidaridad me brindaron su apoyo y compañerismo. Gracias a todos por haberme dedicado parte de su tiempo, por compartir sus ideas, recomendaciones y por guiarme durante este proceso; siempre estaré profundamente agradecida con ustedes porque comprenden que la realidad se transforma día a día construyendo lazos de solidaridad.

A la **Dra. María Graciela García Guzmán** por su amabilidad y compartir su conocimiento tanto en campo como en el aula de clases, y por haberme permitido el acceso a su laboratorio en el

---

Instituto de Ecología para la realización del trabajo de gabinete.

A la **Bióloga Irma Acosta Calixto** por el resguardo de material y las facilidades brindadas durante el trabajo de gabinete.

A la **Dra. Katherine Renton** por compartir sus conocimientos y el gusto por el estudio de las selvas, así como, por su compañerismo durante las visitas a la Estación de Biología Chamela.

Al **Dr. Arturo García Gómez** por su compañerismo y confianza; sus enseñanzas en el aula de clases me contagiaron más el gusto por el estudio de los insectos.

Al **M. en C. Miguel Vásquez Bolaños** por ser solidario y facilitarme bibliografía especializada en el tema.

A **Everardo G. Robredo Esquivelzeta** por haber sido una de mis principales guías y apoyos; su acompañamiento y ayuda durante el trabajo de campo y de gabinete, así como, sus valiosas y continuas recomendaciones permitieron que esta tesis tuviera un mejor contenido y presentación.

A todos los compañeros trabajadores de la Fundación Ecológica de Cuixmala, a: **David Vilchis, Martín Vilchis, Ángel, Juan, “El Grande”**, por su valiosa ayuda en las labores de campo pero sobretodo por su amistad y acompañamiento durante nuestra estadía en la Estación Ecológica de Cuixmala.

A mi hermano **Gus**, por haberme ayudado con los preparativos y la logística para las salidas de trabajo en campo.

A **Toño** por su gran corazón y cariño, por brindarme su apoyo en todo momento y haberme ayudado con la encuadernación de esta tesis.

Finalmente, quiero agradecer y expresar el enorme cariño que siento por mis amigos, en especial **Angelica, Erisbeth, Erica, Jime y Moni**, compañeras que con su paso por mi vida han contribuido de distintas maneras a mi formación humana y profesional; agradecida estoy porque me acompañaron durante ésta prolongada etapa de mi vida ya sea a través de un consejo, una palabra de aliento o con su ejemplo de perseverancia. Cada quien contribuyó de distinta manera a que este proyecto tomara forma y finalmente llegara a su final.

# Contenido

	<b>Página</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Las comunidades de hormigas y su importancia como organismos indicadores del ambiente. . . . .	1
1.2 Los bosques tropicales secos y su transformación como caso de estudio. . . . .	4
<b>2 Antecedentes</b>	<b>7</b>
2.1 Estado de conocimiento de la riqueza de la familia Formicidae . . . . .	7
2.2 Estado de conocimiento del papel de las hormigas como indicadores ambientales. . .	9
<b>3 Justificación</b>	<b>15</b>
<b>4 Preguntas de investigación</b>	<b>16</b>
<b>5 Hipótesis</b>	<b>17</b>
<b>6 Objetivos</b>	<b>19</b>
6.1 General . . . . .	19
6.2 Particulares . . . . .	19
<b>7 Descripción del área de estudio</b>	<b>20</b>
7.1 Localización . . . . .	20
7.2 Topografía . . . . .	20
7.3 Clima . . . . .	20
7.4 Vegetación . . . . .	22
7.5 Fauna . . . . .	23
7.6 Hidrología . . . . .	25
7.7 Suelo . . . . .	25
7.8 Historia de uso de suelo en la región . . . . .	25



<b>8</b>	<b>Materiales y Métodos</b>	<b>28</b>
8.1	Trabajo de Campo . . . . .	28
8.1.1	Elección de los sitios de estudio . . . . .	28
8.1.2	Muestreo y colecta de especímenes . . . . .	32
8.1.2.1	Captura de hormigas con trampas de caída (pitfall) . . . . .	32
8.1.2.2	Recolecta de hojarasca hormigas con sacos mini-Winkler . . . . .	32
8.1.2.3	Captura manual . . . . .	33
8.2	Trabajo de gabinete . . . . .	35
8.2.1	Separación e identificación de hormigas . . . . .	35
8.3	Análisis de datos . . . . .	35
8.3.1	Estimación de la riqueza . . . . .	36
8.3.1.1	Curvas y funciones de acumulación de especies . . . . .	36
8.3.1.2	Estimadores no paramétricos de la riqueza . . . . .	38
8.3.2	Estimación de la abundancia . . . . .	39
8.3.2.1	Frecuencia de ocurrencia (F.O.) . . . . .	39
8.3.2.2	Frecuencia relativa (F.R.) . . . . .	39
8.3.3	Estimación de la diversidad alfa . . . . .	39
8.3.4	Estimación de la diversidad beta . . . . .	40
8.3.4.1	Índices de similitud/dismilitud . . . . .	40
8.3.4.2	Índices de recambio de especies . . . . .	40
8.3.5	Pruebas estadísticas . . . . .	41
<b>9</b>	<b>Resultados</b>	<b>42</b>
9.1	Descripción de la mirmecofauna capturada en la localidad . . . . .	42
9.1.1	Listado de hormigas registradas en el presente estudio . . . . .	42
9.1.2	Listado de hormigas para la RBCh-C . . . . .	44
9.1.3	Riqueza . . . . .	46
9.1.3.1	Subfamilias . . . . .	46
9.1.3.2	Géneros . . . . .	46
9.1.3.3	Especies . . . . .	46
9.2	Descripción y comparación de la mirmecofauna por tipo de ambiente y temporada de estudio . . . . .	50
9.2.1	Riqueza . . . . .	50
9.2.1.1	Subfamilias . . . . .	50
9.2.1.2	Géneros . . . . .	52
9.2.1.3	Especies . . . . .	55

## CONTENIDO

---

9.2.2	Abundancia y equidad . . . . .	61
9.2.3	Diversidad . . . . .	64
9.2.4	Composición de especies . . . . .	69
9.2.5	Grupos funcionales de hormigas . . . . .	70
9.2.6	Similitud entre ambientes y temporadas . . . . .	76
<b>10</b>	<b>Discusión</b>	<b>80</b>
10.1	Riqueza . . . . .	80
10.1.1	Eficiencia del muestreo . . . . .	82
10.2	Abundancia y equidad. . . . .	83
10.3	Diversidad . . . . .	83
10.4	Composición de especies y grupos funcionales de hormigas . . . . .	84
10.5	Similitud entre ambientes y temporadas . . . . .	87
<b>11</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>89</b>
<b>12</b>	<b>Literatura citada</b>	<b>91</b>
<b>A</b>	<b>Descripción de la mirmecofauna colectada.</b>	<b>103</b>
A.1	Subfamilia Dolichoderinae . . . . .	103
A.2	Subfamilia Ecitoninae . . . . .	104
A.3	Subfamilia Ectatomminae . . . . .	105
A.4	Subfamilia Formicinae . . . . .	105
A.5	Subfamilia Myrmicinae . . . . .	107
A.6	Subfamilia Ponerinae . . . . .	111
A.7	Subfamilia Pseudomyrmecinae . . . . .	112
<b>B</b>		<b>113</b>

# Índice de figuras

7.1	Mapa de ubicación de los sitios de estudio y de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (RBCh-C). SP1, SP2 y SP3: sitios de selva primaria, SS1,SS2 SS3: sitios de selva secundaria, AM1, AM2, AM3: sitios de ambientes con manejo.	21
7.2	Proceso de conversión de la selva baja caducifolia en la zona de estudio.	27
8.1	Algunos de los sitios seleccionados de selva baja caducifolia, selva secundaria y ambientes con manejo, durante la temporada seca y lluviosa. Selva primaria (a), Selva secundaria (c), y Pastizal inducido (e) para la temporada seca; Selva primaria (b), Selva secundaria (d), y Pastizal inducido (f), para la temporada lluviosa.	31
8.2	Representación gráfica de los cuadrantes y métodos de colecta empleados en el presente estudio.	33
8.3	Métodos de colecta de hormigas empleados en el presente trabajo:trampa de caída (pitfall) en secas (a) y lluvias (b), cuadrante desarmable empleado para la obtención de la muestra de hojarasca (c), Sacos mini-Winkler para la extracción de las hormigas capturadas en la hojarasca (d), herramientas empleadas para la captura manual de hormigas (e).	34
9.1	Riqueza total de (a) géneros y (b) especies de hormigas registrados por subfamilia en el presente trabajo.	47
9.2	Riqueza de especies de los géneros de hormigas registrados en la localidad en el presente trabajo.	48
9.3	Riqueza observada y estimada por el modelo de ajuste Michaelis Menten y los estimadores no paramétricos para toda el área de estudio. En el inciso a, se muestra la curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, así como la curva ajustada y la asíntota predicha por la función de ajuste M-M. En el inciso b, se muestra la riqueza estimada por los indicadores no paramétricos: ICE y Chao2 y el número de especies raras.	49
9.4	Riqueza de subfamilias, géneros y especies de hormigas registradas por ambiente	51

9.5	Subfamilias de hormigas registradas por ambiente y temporada de estudio con su respectiva riqueza de géneros (inciso a) y especies (inciso b). . . . .	53
9.6	Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para la selva primaria. . . . .	57
9.7	Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para la selva secundaria. . . . .	58
9.8	Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para los ambientes con manejo. . . . .	59
9.9	Riqueza de especies observada y estimada por la función de ajuste M-M, los estimadores no paramétricos ICE y Chao2, y el número de especies raras registradas en la temporada seca (inciso a) y lluviosa (inciso c). La riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y el número de especies raras registradas se muestran en el inciso b, para la temporada seca, y en el inciso d, para la lluviosa. . . . .	60
9.10	Tendencia de comportamiento de la diversidad de hormigas en la RBCh-C, dependiente de la escala espacial de análisis. . . . .	67
9.11	Riqueza total de especies registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala	67
9.12	Diversidad (índice de de Shannon) de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala . . . . .	68
9.13	Frecuencia de ocurrencia total de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala . . . . .	68
9.14	Equidad (índice de Pielou) de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. . . . .	69
9.15	Número de grupos funcionales de hormigas registrados por ambiente y temporada de estudio. SP: Selva Primaria, SS: Selva Secundaria, AM: Ambientes con Manejo.	74

## INDICE DE FIGURAS

---

9.16 Riqueza de especies por grupo funcional de hormigas. DD:Dolichoderinae Dominante, O: Oportunista, ECT/C/F: Especialista de Clima Tropical/Cálido/Frío, EC:Especie Criptica, CS: Camponotini Subordinada, MG: Myrmicinae Generalista, DE: Depredador Especialista . . . . .	75
9.17 Porcentaje de representatividad de los grupos funcionales de hormigas basado en la riqueza de especies por ambiente y temporada. DD:Dolichoderinae Dominante, O: Oportunista, ECT/C/F: Especialista de Clima Tropical/Cálido/Frío, EC:Especie Criptica, CS: Camponotini Subordinada, MG: Myrmicinae Generalista, DE: Depredador Especialista . . . . .	76
9.18 Dendogramas de similitud de los ambientes (inciso a) y sitios por ambiente de estudio (inciso b) de acuerdo con su composición de especies y grupos funcionales. SP.:Selva Primaria, SS.:Selva Secundaria, AM.:Ambientes con Manejo. . . . .	78

# Índice de cuadros

2.1	Valores máximos de riqueza de hormigas reportados para distintas escalas geográficas. . . . .	8
2.2	Estudios sobre los efectos de la perturbación del hábitat en las comunidades de hormigas. . . . .	14
7.1	Listado de hormigas obtenido de la revisión realizada a diferentes trabajos sobre hormigas desarrollados en la RBCh-C. El * inidica los géneros con nomenclatura y clasificación de Bolton <i>et al.</i> , 2006; entre parentesis, se reporta la nomenclatura empleada originalmente en las fuentes citadas. . . . .	24
9.1	Listado de las hormigas registradas en el presente trabajo. El superíndice <sup>nr</sup> indica a las especies/morfoespecies no registradas en la segunda revisión. . . . .	42
9.2	Listado actualizado de las especies de hormigas reconocidas a nivel específico de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Las especies marcadas con el superíndice <sup>subsp</sup> están referidas a nivel subespecifico por Vásquez-Bolaños y Navarrete-Heredia (2004); las especies en negritas corresponden a los nuevos registros para la localidad, producto de este trabajo. . . . .	45
9.3	Parámetros estimados de las funciones de ajuste Michaelis-Menten y exponencial negativo para la riqueza total de hormigas registrada en toda el área de estudio del presente trabajo. . . . .	50
9.4	Géneros de hormigas registrados por ambiente y temporada. . . . .	54
9.5	Riqueza de especies de los géneros de hormigas registrados por ambiente y temporada. . . . .	54
9.6	Parámetros estimados de las funciones de ajuste Michaelis-Menten y exponencial negativo para la riqueza total de hormigas registrada por tipo de ambiente y temporada de registro. . . . .	61

9.7	Frecuencia de Ocurrencia (F.O.), Frecuencia Relativa (F.R.), y nivel de abundancia (k medias) de las especies de hormigas registradas por ambiente de estudio. Los valores de los centroides de agrupamiento que corresponden a cada nivel de abundancia por ambiente de acuerdo con lo obtenido en el análisis de k medias, se reportan en el Cuadro 9.9. . . . . .	62
9.9	Valor de los centroides de agrupamiento de k medias para cada ambiente por nivel de abundancia. F.O.= Frecuencia de ocurrencia, F.R.= Frecuencia relativa. . . . .	62
9.8	Frecuencia de Ocurrencia (F.O.), Frecuencia Relativa (F.R.), y nivel de abundancia (k medias) de las especies de hormigas registradas por temporada de estudio. Los valores de los centroides de agrupamiento que corresponden a cada nivel de abundancia por temporada, de acuerdo con lo obtenido en el análisis de k medias, se reportan en el Cuadro 9.10. . . . .	63
9.10	Valor de los centroides de agrupamiento de k medias para cada temporada por nivel de abundancia. F.O.= Frecuencia de ocurrencia, F.R.= Frecuencia relativa. . . . .	63
9.11	Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (D.E.) de las variables medidas y comparadas mediante análisis de varianza entre ambientes por temporada de registro. S= Riqueza de especies, H'= Índice de diversidad de Shannon, F.O.=Frecuencia de ocurrencia, y J'=Índice de Pielou. . . . .	65
9.12	Valor total, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (D.E.) de las variables estimadas en las comunidades de hormigas por tipo de ambiente y temporada. S= Riqueza de especies, H'= Índice de diversidad de Shannon, F.O. =Frecuencia de Ocurrencia, y J'=Índice de Pielou. . . . .	65
9.13	Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la riqueza de hormigas entre ambientes y temporadas. . . . .	65
9.14	Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la abundancia (F.O.=Frecuencia de Ocurrencia) de hormigas entre ambientes por temporadas de registro. . . . .	65
9.15	Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la equidad promedio entre ambientes y temporadas. . . . .	66
9.16	Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la diversidad promedio entre ambientes y temporadas. . . . .	66
9.17	Composición de especies de hormigas por ambiente y temporada. Con el superíndice <sup>E</sup> se indica a las especies exclusivas; SP: Selva Primaria, SS: Selva Secundaria, AM: Ambientes con Manejo, TS:Temporada Seca, TLL:Temporada Lluviosa. . . . .	72

## INDICE DE CUADROS

---

9.18 Composición de especies y grupos funcionales de hormigas en los tres sitios de cada ambiente de estudio, SP_: Selva Primaria, SS_: Selva Secundaria, AM_: Ambientes con Manejo. . . . .	73
9.19 Número de especies registradas por grupo funcional de hormigas de acuerdo al ambiente y la temporada de registro. . . . .	74
9.20 Índice de Whittaker (parte superior) estimado de las comparaciones efectuadas entre los ambientes de estudio de acuerdo con su composición de especies; y porcentajes de disimilitud obtenidos mediante el índice de Jaccard (parte inferior) de acuerdo con su composición de especies y grupos funcionales. . . . .	79
9.21 Índice de Whittaker (parte superior) y porcentajes de disimilitud obtenidos mediante el índice de Jaccard (parte inferior) de acuerdo con la composición de especies de los sitios por ambiente de estudio. . . . .	79
B.1 Comparación de la riqueza de hormigas reportada en diferentes trabajos realizados en la localidad; se incluye información respecto al tipo de vegetación muestreada, los métodos de colecta empleados y el número de muestras colectadas para cada estudio. SBC= Selva Baja Caducifolia, SS= Selva Secundaria, Pa= Pastizal, Cu= Cultivo, TC= Trampas de caída, Ma= Colecta manual, Hj= Colecta de hojarasca, EB= Embudos de Berlesse, TM=Trampas Malaise, FD= Fumigación de Dosel, ?= no reportado. . . . .	113



# Resumen

La selva baja caducifolia es uno de los ecosistemas tropicales que mayores transformaciones ha sufrido debido al desarrollo de actividades humanas; en la Costa del estado de Jalisco se encuentra la Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala (RBCh-C), área natural protegida con una de las mayores concentraciones de selva baja caducifolia y otros tipos de vegetación con excelente estado de conservación. En las últimas décadas la zona aledaña a la RBCh-C ha sido severamente transformada y se encuentra constantemente amenazada por la propuesta de grandes proyectos turísticos, factores que alteran la estabilidad del ambiente y afectan a las comunidades de organismos que lo habitan.

El estudio de las comunidades de hormigas constituye una herramienta muy útil para obtener información acerca del estado de salud y conservación de un ecosistema, ya que éstas constituyen un grupo ecológicamente muy importante al desempeñar actividades esenciales para su funcionamiento; el objetivo del presente trabajo es conocer la respuesta de las comunidades de hormigas a la perturbación del ambiente mediante la caracterización de éstas en términos de: riqueza, diversidad, composición de especies y grupos funcionales en ambientes de selva primaria, selva secundaria y con manejo agrícola/pastoril durante la temporada seca y lluviosa.

Se aplicó un muestreo estandarizado en tres sitios de cada ambiente de estudio, que incluyó: colecta de hojarasca para sacos mini-Winkler, trampas de caída y colecta manual. En total se registraron 65 especies/morfoespecies, 32 géneros y 7 subfamilias de hormigas, de los cuales, 13 especies y los géneros: *Nesomyrmex* y *Leptogenys*, resultaron ser nuevos registros para la localidad. Asimismo, se encontró que la riqueza y diversidad de hormigas tiende a disminuir con el aumento de la perturbación del ambiente, mientras que, la abundancia tiende a aumentar. La mayor variedad en la composición de especies y grupos funcionales, así como la mayor similitud entre ambientes, se presentó entre las selvas primarias y secundarias probablemente debido al avanzado tiempo de regeneración de las selvas secundarias y a la influencia de la matriz de selva en la que se encuentran inmersos los sitios.

**Palabras clave:** hormigas, indicadores ambientales, bosques tropicales, perturbación, grupos funcionales.

# Introducción

## 1.1 Las comunidades de hormigas y su importancia como organismos indicadores del ambiente.

En las últimas décadas, el deterioro de los ambientes naturales asociado al desarrollo de actividades humanas ha alcanzado enormes proporciones y ha provocado la desaparición de cientos de especies y amenazado la supervivencia de muchas más (Rojas, 1996). En las regiones tropicales, muchos ecosistemas terrestres han sido afectados por el disturbio y la transformación del hábitat debido a la deforestación, urbanización, agricultura, ganadería y minería; se ha observado que la transformación del ambiente natural produce cambios que alteran la dinámica de nutrientes y afectan la disponibilidad de recursos para las distintas comunidades de organismos que lo habitan, las cuales, responden con cambios en su estructura y composición de especies y en consecuencia alteran el funcionamiento de los ecosistemas. Algunas de las respuestas más conocidas de las comunidades de organismos a la transformación del hábitat incluye la extinción local de poblaciones de plantas y animales, disminución en la riqueza de especies, cambios en la abundancia, pérdida de diversidad, disminución de la resistencia a la invasión de especies, modificación de las interacciones inter-específicas, así como, cambios o alteraciones en su estructura trófica o en las funciones ecosistémicas desempeñadas por éstas (Janzen, 1988; Maass, 1995; Philpott *et al.*, 2010; García-Oliva y Jaramillo, 2012; Balvanera *et al.*, 2012; Quesada *et al.*, 2012).

Conforme la degradación del ambiente avanza, también ha habido un creciente interés por identificar grupos de organismos indicadores que proporcionen información robusta acerca de las respuestas de los ecosistemas a la perturbación ambiental y que puedan incorporarse dentro de programas de monitoreo y evaluación, la atención se ha centrado principalmente en los organismos invertebrados debido a que estos poseen una larga historia de manejo como bioindicadores

debido a su dominancia, diversidad y a la importancia que presentan por sus implicaciones en el funcionamiento de los ecosistemas (Andersen, 1997a; Wike *et al.*, 2010). Se ha observado que las poblaciones de ciertos grupos de invertebrados pueden registrar en lapso de tiempo corto el impacto sobre el manejo de la tierra, e indicar cambios a largo plazo en procesos como la restauración del ambiente (Underwood y Fisher, 2006); dentro de las comunidades de hormigas, existen grupos que pueden ser muy abundantes en hábitats que han sufrido gran impacto, y grupos cuya presencia son indicadores de un disturbio (Wike *et al.*, 2010).

De acuerdo con Arcila y Lozano (2003), un organismo indicador del ambiente es aquel cuya presencia señala una condición particular o un conjunto de condiciones ambientales y que responde de manera predecible y en formas fácilmente observables y cuantificables a la degradación o al cambio en el estado del ambiente. El estudio de las hormigas como una herramienta para el monitoreo del estado de salud de los ecosistemas, se basa en la presencia de una serie de atributos y cualidades ecológicas como: alta diversidad, gran abundancia en casi todo tipo de ambientes, relativa facilidad de muestreo, variedad de funciones en los diferentes niveles tróficos de un ecosistema, alta sensibilidad y rápida respuesta frente a la perturbación y a los cambios en las condiciones microclimáticas del ambiente (Andersen, 1990; Hölldobler y Wilson, 1990; Alonso y Agosti, 2000; Andersen, 1997a; Kaspari y Majer, 2000; Andersen *et al.*, 2002; Philpott *et al.*, 2010); y se sustenta, en el supuesto de que cambios en el número y la composición de especies de hormigas en un área determinada reflejan cambios en el ecosistema al proveer información en períodos de tiempo relativamente corto y a un bajo costo sobre la salud de éstos y la presencia de otros organismos como resultado de las interacciones obligadas que establecen con plantas y otros seres vivos (Kaspari y Majer, 2000; Schultz y McGlynn, 2000; Underwood y Fisher, 2006).

Las hormigas además presentan una amplia variedad de grupos funcionales que también pueden generar un entendimiento predictivo acerca del efecto de la perturbación; un grupo funcional, es considerado como un grupo de especies que presenta requerimientos de forrajeo similares por lo que generalmente explotan la misma fuente de recursos (Andersen, 1997a; King *et al.*, 1998).

En los ecosistemas terrestres las hormigas constituyen un grupo ecológicamente muy importante al contribuir de manera significativa a la biomasa animal y mantener la salud de éstos al desarrollar actividades esenciales para su funcionamiento, asimismo, son consideradas como “ingenieros del ecosistema” al modificar el flujo de materia y energía, y alterar su disponibilidad para otros organismos. Dentro de las funciones ecológicas más importantes en las que participan las hormigas se incluyen: polinización, dispersión de semillas, control de las poblaciones de otros invertebrados mediante la depredación; con la construcción de sus hormigueros y la acumulación de detritos alrededor de éstos incrementan la aireación e infiltración de agua en el suelo, incorporan nutrientes al sistema edáfico, facilitan el desarrollo de fauna asociada y favorecen el establecimiento de la vegetación (Hölldobler y Wilson, 1990; Folgarait, 1998; Alonso y Agosti, 2000).

Un disturbio, es definido generalmente como cualquier evento natural o inducido que remueve biomasa y deja espacios abiertos para que los colonicen nuevos organismos, como producto de un disturbio el ambiente sufre cambios o alteraciones en su estructura y composición que se conocen como perturbaciones (Valverde *et al.*, 2005). Existe evidencia que indica que las capacidades de control biológico de las hormigas declinan en hábitats perturbados ya sea debido a la pérdida de la diversidad, o a cambios en la abundancia y composición de especies; en algunos hábitats perturbados se ha identificado que las capacidades de dispersión de semillas por parte de las hormigas aumentan mientras que en otros hábitats disminuyen. También se ha observado, que la presencia de especies invasoras puede provocar la eliminación de especies nativas y afectar las poblaciones de otros insectos y vertebrados (Underwood y Fisher, 2006; Philpott *et al.*, 2010).

La forma en que el disturbio y la perturbación del ambiente afecta a las comunidades de hormigas puede presentarse de dos formas: de manera indirecta, a través de cambios en las condiciones microclimáticas del ambiente provocados por cambios en la estructura de la vegetación, los cambios en la humedad, temperatura, exposición al viento y a la radiación solar son factores que afectan la respuesta fisiológica de las hormigas y alteran sus hábitos de forrajeo. Por otra parte, de manera directa, las hormigas pueden verse afectadas por la remoción de colonias y a través de la reducción en la disponibilidad de recursos de anidación, refugio y alimentación (Philpott *et al.*, 2010).

De acuerdo con Blüthgen y Feldhaar, (2010), los dos principales factores que influyen en la estructura de la comunidad de hormigas son: el alimento y los hábitos de anidación, de manera que, algunas especies pueden verse más afectadas por la competencia para la obtención de alimento mientras que otras son más sensibles a la disponibilidad de sitios apropiados de anidación o refugio. En relación al alimento, como resultado de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, las hormigas pueden obtener, monopolizar y/o digerir una gran variedad de alimentos de origen vegetal, por lo que, en su mayoría son consideradas de hábitos omnívoros, y sólo pocas especies se especializan en alimentos particulares; algunos grupos como: *Camponotus*, *Polyrhachis*, *Tetraoponera*, *Pseudomyrmex*, *Azteca*, *Dolichoderus*, *Tapinoma* y *Technomyrmex* basan su dieta en el nitrógeno aportado por los exudados líquidos de plantas; otras especies colectan secreciones azúcaradas directamente del ano de insectos succionadores como: lycanidos, hemípteros o áfidos. Algunas son depredadores generalistas que se alimentan de otros invertebrados, o especialistas en cazar termitas y/o colémbolos como es el caso de *Strumigenys* y *Odontomachus*; algunas otras remueven elaiosomas de las semillas de algunas especies de plantas y las disponen en pilas de basura donde comunmente encuentran un sustrato adecuado donde germinar y crecer, mientras que las semillas son consumidas sólo por un número limitado de especies dentro de los géneros: *Messor*, *Monomorium*, *Pheidole* y *Pogonomyrmex*; también existen hormigas cultivadoras de hongos, del género *Atta* y *Acromyrmex*, que utilizan el follaje de las

plantas para alimentar a los hongos con los que se encuentran asociadas y con los que alimentan a sus larvas.

Por otra parte, la selección de las estructuras y sitios de anidación por las hormigas son influenciados por factores ambientales como la temperatura, el suelo y la vegetación, así como por, caracteres específicos de las especies de hormigas en cuanto a sus hábitos de forrajeo, tamaño, estructura de las colonias, y de la capacidad que tienen para explotar distintos sustratos. En los bosques tropicales los hábitos de anidación arborícolas son tan comunes como la anidación en suelos, en ocasiones colonias enteras se tienen que desplazar hacia nuevos sitios de anidación después de un disturbio, cuando las fuentes de alimento escasean alrededor de los hormigueros o cuando la presión generada por patógenos o enemigos se vuelve alta (Blüthgen y Feldhaar, 2010).

Philpott *et al.* (2010), también menciona que el nivel en el cual el disturbio y la transformación del hábitat afectan a las comunidades de hormigas depende ampliamente de: la frecuencia y la intensidad del disturbio, la permanencia con la cual el ambiente es transformado, la composición de especies de hormigas presente al momento del disturbio y la distancia a la cual los propágulos tienen que viajar para recolonizar los hábitats afectados. Asimismo, indica que entre los disturbios más comunes que afectan el hábitat de las hormigas se encuentran, de entre los naturales: el fuego, los huracanes, las inundaciones y la formación de claros; mientras que, los relacionados con las actividades humanas involucran a la: deforestación, urbanización, agricultura, ganadería, minería, entre otros.

## **1.2 Los bosques tropicales secos y su transformación como caso de estudio.**

Los bosques tropicales secos son ecosistemas muy vulnerables que se encuentran expuestos a altas tasas de deforestación, razón por la que son considerados el ecosistema tropical más amenazado del mundo y prioritario para la conservación (Janzen, 1988; Miles *et al.* 2006). Se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 2000 m s.n.m., en donde la temperatura media anual es mayor a 17°C y el rango de precipitación anual entre los 250 y 2000 mm; su característica más distintiva es la presencia de una marcada estacionalidad ocasionada por la distribución diferencial de la precipitación que provoca la alternancia de una temporada lluviosa con una prolongada temporada de sequía que dura de cuatro a siete meses, período durante el cual un alto porcentaje de las especies vegetales que los conforman pierden sus hojas dando lugar a la formación de un complejo mosaico visual y generando en los organismos que lo habitan una amplia variedad de respuestas morfológicas, fisiológicas y de comportamiento que favorecen el desarrollo de una gran diversidad biológica y altos niveles de endemismo (Murphy y Lugo, 1986; Bullock *et al.*, 1995; Dirzo *et al.*,

2012).

Miles *et al.* (2006), estiman que alrededor de 1 048 700 km<sup>2</sup> de bosque tropical seco permanece distribuido entre las distintas regiones tropicales del mundo con distintos grados de conservación, el 54.2% se localiza en Sudamérica y el resto se distribuye entre Norte y Centroamérica (12.5%), África (13%), Eurasia (16.4%) y una pequeña proporción en las islas de Australasia y Sureste de Asia (3.8%). Del área total de bosque remanente sólo 299 100 km<sup>2</sup> presenta algún tipo de protección, mientras que el 97% se encuentra expuesto a distintas amenazas como: el fuego, la deforestación, la conversión a la agricultura y el pastoreo, el incremento de la densidad poblacional, el cambio climático, y la pérdida y fragmentación del hábitat.

Maass (1995), expone que la conversión de estos ecosistemas ocurre a tasas alarmantes lo que ha provocado una considerable disminución en su área de distribución y señala a la expansión de la agricultura y el establecimiento de pastizales para la cría de ganado como las principales causas de su pérdida o transformación; indica que el patrón general de su conversión involucra la remoción casi total de la cobertura vegetal mediante el método de roza, tumba y quema, y la siembra durante la temporada lluviosa de variedades de plantas de ciclo de crecimiento corto como: maíz, fríjol, sorgo y arroz; la magnitud de la conversión varía desde pequeños sistemas de cultivo, caracterizados por el desmonte manual de terrenos y su manejo por algunos años intercalado con largos períodos de barbecho, hasta grandes asentamientos, caracterizados por el desmonte de varios kilómetros cuadrados de bosque con maquinaria pesada para el establecimiento continuo de cultivos tecnificados sin permitir el descanso de la tierra. En cualquiera de los dos escenarios de manejo, durante los primeros años la productividad de los cultivos justo después del desmonte y la quema es generalmente alta como resultado del incremento en la disponibilidad de nutrientes, luz y agua en el suelo; no obstante, ésta disminuye conforme se incrementa el tiempo de manejo dando como resultado la degradación del suelo y el abandono del cultivo.

En México un tipo de vegetación considerada dentro de los bosques tropicales secos es la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963); ecosistema ampliamente distribuido en territorio nacional y de los que mayores transformaciones ha sufrido debido a las actividades humanas. Es además, un ecosistema considerado de gran valor por su riqueza de especies y el alto nivel de endémismos que alberga, cerca del 20% del total de la flora mexicana (Rzedowski, 1993) y el 11% de las especies endémicas del país se distribuyen en este hábitat (Dirzo, 1992; Ceballos y García, 1995). Se estima que su distribución original abarcaba entre el 8 y 27% del territorio nacional (Rzedowski, 1978; Flores *et al.*, 1971; Trejo y Dirzo, 2000; 2002), pero para finales del siglo XX permanecía distribuido sólo el 7.5% entre bosque conservado y fragmentado con una tasa de deforestación anual del 1.4% (Trejo y Dirzo, 2000).

En la costa del estado de Jalisco se encuentra concentrada una de las extensiones de selva baja caducifolia más grandes y mejor conservadas de Mesoamérica, alrededor de 13 142 hectáreas de

éste y otros tipos de vegetación con excelente estado de conservación se encuentran protegidas por la Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala (RBCh-C) (Ceballos, 1995; Ceballos y García, 1995), localidad en donde se desarrollo el presente trabajo. En las últimas décadas la zona aledaña y que rodea a la RBCh-C ha sido severamente transformada por el desarrollo de actividades agropecuarias y se encuentra constantemente amenazada por la propuesta de proyectos que pretenden la construcción de grandes complejos hoteleros, campos de golf y marinas. Miranda (1997), reporta que el proceso de deforestación en la región ha sido intenso en los últimos 25 años en los que se ha perdido cerca de un tercio de los aproximadamente 4000 km<sup>2</sup> de vegetación natural que existía originalmente, a una tasa de deforestación anual de entre 0.39 y 2.22%. Por otra parte, Sanchez-Azofeifa *et al.*, (2009), indican que el proceso de deforestación alrededor de la reserva ha conducido a la fragmentación y perturbación del paisaje creando un complejo mosaico de grandes fragmentos de selva madura y sucesional de gran importancia, y remarcan que de continuar extendiéndose su proceso de transformación la zona de la reserva podría reducir considerablemente su área de distribución a manera de una pequeña isla en los próximos años.

Con la finalidad de generar información que contribuya en el desarrollo de planes de manejo en la zona de estudio que contemplen disminuir el impacto negativo de la transformación del ambiente sobre los organismos que lo habitan, en el presente trabajo, se eligió como objeto de estudio a las comunidades de hormigas por la información que éstas pueden proveer al ser indicadores de salud de los ecosistemas.

# Antecedentes

## 2.1 Estado de conocimiento de la riqueza de la familia Formicidae

Las hormigas son insectos eusociales que presentan una amplia diversidad taxonómica y funcional, se encuentran clasificadas en la familia Formicidae, superfamilia Vespoidea (la cual incluye también a las abejas y avispas), dentro del orden Hymenoptera y la clase Insecta. Su distribución geográfica es muy amplia, siendo los territorios de la Antártida, Islandia, Groenlandia, las islas del Pacífico central y algunas islas de los océanos Atlántico e Indico los únicos lugares en donde no se ha registrado su presencia; su diversidad y abundancia, varía entre continentes y regiones biogeográficas siendo mayor en los ecosistemas terrestres tropicales y en los desiertos de todo el mundo como resultado de su preferencia por temperaturas cálidas, condición que las identifica como un grupo marcadamente termófilo (Hölldobler y Wilson, 1990).

En el Cuadro 2.1, se reportan los máximos valores de riqueza estimados para la familia Formicidae. A nivel mundial, Bolton (2003) y Bolton *et al.* (2006), reportan cerca de 12 500 especies, correspondientes a 23 subfamilias vivientes y 4 en el registro fósil, 66 tribus y 287 géneros; el portal antbase.org registra 13 484 especies, 26 subfamilias y 428 géneros, no obstante, se estima que la diversidad total de hormigas podría sobrepasar las 25 000 especies (Lori *et al.*, 2010).

La región neotropical concentra la mayor diversidad de hormigas con más del 30% de las especies y 50% de los géneros endémicos del mundo (Bolton, 1994; Fernandez y Sendoya, 2004); se estima que podría albergar hasta más de 4000 especies de hormigas (Fernández, 2003). Actualmente, registra poco más de 3500 especies, 131 géneros y 16 subfamilias de hormigas (antweb, 2014), 15 de estas reconocidas por Bolton *et al.* (2006) más la nueva subfamilia Martialinae representada por una sola especie, *Martialis heureka*, descubierta recientemente por



Rabeling *et al.* (2008) en la localidad de Manaus en la amazonia brasileña.

Para México, Rojas (1996) reporta 501 especies (112 endémicas) y 96 géneros de hormigas, ubica a los estados de Veracruz, Chiapas y Nuevo León como los que presentan la mayor riqueza de especies; asimismo, estima que la riqueza de la familia Formicidae en nuestro país podría alcanzar cerca de las 1 200 especies. Por otra parte, Vásquez-Bolaños (2011) reporta 884 especies pertenecientes a 86 géneros, 33 tribus y 11 subfamilias de hormigas, siendo los estados de Veracruz, Chiapas, Baja California, Tabasco y Sonora los que presentan la mayor riqueza de hormigas, y enlista a las subfamilias Myrmicinae, Formicinae, Ecitoninae, Ponerinae y Dolichoderinae, así como, a los géneros *Pheidole*, *Camponotus*, *Neivamyrmex*, *Pseudomyrmex* y *Temnothorax*, con la mayor riqueza y en los que se agrupa el 40% de las especies de hormigas. La revisión más reciente sobre la riqueza de hormigas de México corresponde a Ríos-Casanova (2014), quien reporta a partir de los datos de Vásquez-Bolaños (2011) y del registro disponible en AntWeb, una riqueza de 973 especies, distribuidas en 94 géneros y 12 subfamilias de hormigas.

En el estado de Jalisco, Vasquez-Bolaños y Navarrete-Heredia (2004), reportan a partir de la revisión de datos publicados y de especímenes depositados en colección un total de 120 especies y morfoespecies, pertenecientes a 58 géneros y 7 subfamilias (Ceropachyinae, Ponerinae, Ecitoninae, Pseudomyrmecinae, Myrmicinae, Dolichoderinae y Formicinae) de hormigas, correspondiendo a la subfamilia Myrmicinae la mayor riqueza de géneros y especies, y a Ecitoninae el mayor número de especies identificadas. Considerando los datos de riqueza reportados hasta el momento para el estado de Jalisco, podría considerarse a éste como uno de los estados del país con el mejor conocimiento de su mirmecofauna.

Para el caso específico de la RBCh-C, la mayor riqueza ha sido reportada por Castaño-Meneses (1994, 1997) quien reconoce 34 géneros y 80 especies pertenecientes a 7 subfamilias de hormigas. Por otra parte, de la revisión realizada en el presente trabajo a todos los reportes sobre hormigas de la localidad, se estima que la riqueza de la RBCh-C alcanza un máximo valor de 127 especies/morfoespecies, 49 géneros y 10 subfamilias (Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1994; Castaño-Meneses, 1997; Castaño-Meneses, 2014; Mercado, 1994; Rodríguez-Palafox y Corona, 2002).

Cuadro 2.1: Valores máximos de riqueza de hormigas reportados para distintas escalas geográficas.

Fuente	Escala geográfica	Riqueza		
		Especies	Géneros	Subfamilias
Antbase.org, 2014	Mundial	13 484	482	26
Bolton <i>et al.</i> , 2006	Mundial	12500	287	23
Antweb; Raben <i>et al.</i> , 2008	Neotropical	3500	131	16
Ríos-Casanova, 2014	México	973	94	12
Vásquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004	Jalisco	120	58	7
Castaño-Meneses, 1997	RBCh-C	80	34	7
Presente trabajo (revisión)	RBCh-C	127	49	10

## 2.2 Estado de conocimiento del papel de las hormigas como indicadores ambientales.

A nivel global los estudios que involucran a las hormigas como grupo indicador para el monitoreo de cambio en los ecosistemas han sido desarrollados en agroecosistemas, sistemas naturales, ambientes en rehabilitación, y otros sistemas de manejo de la tierra; la mayoría han sido desarrollado en Australia, específicamente en el contexto de rehabilitación de zonas mineras y se han enfocado especialmente en analizar los cambios en la composición de especies más que en la diversidad, debido a que ésta última, puede permanecer relativamente constante frente a grandes cambios en la composición de especies y no siempre proporciona información relevante (Kaspari y Majer, 2000; Hoffmann y Andersen, 2003; Andersen y Majer, 2004). Dentro de estos trabajos, se incluye el de Majer *et al.* (2007), quienes compararon el desempeño de varios grupos de invertebrados como indicadores del proceso de restauración en sitios mineros en el oeste de Australia, en donde identificaron que las hormigas muestran tendencias sobre la composición de otros grupos de organismos extendiéndose inclusive hasta las plantas y algunos grupos de vertebrados. Por otra parte, en sus trabajos con comunidades de hormigas en Australia y otras partes del mundo, Andersen (1995, 1997b, 2000) logró reconocer siete grupos funcionales de hormigas que operan a escala global a nivel de género o de grupos de especies que son clave importante para entender cómo varía la estructura y el funcionamiento de las comunidades de hormigas entre bosques tropicales y otros biomas en respuesta al estrés y la perturbación del ambiente, dichos grupos junto con sus representantes en el nuevo mundo, así como, algunos de los aspectos más relevantes de su conducta se enlistan a continuación:

1. Dolichoderinae dominantes: grupo competitivo y conductualmente dominante que desplaza a otros grupos de hormigas, predomina en lugares que experimentan niveles bajos de estrés y perturbación, habitan en ambientes cálidos y abiertos, algunos representantes en el neotropico corresponden a los géneros: *Azteca*, *Dolichoderus*, *Linepithema*, *Liometopum* y *Forelius*.

2. Camponotini subordinadas: especies del género *Camponotus* comúnmente diversas y abundantes en comunidades ricas de hormigas, la mayoría son conductualmente sumisas a las dolichoderinae dominantes y algunas son segregadas ecológicamente debido a su tamaño y a sus hábitos de forrajeo nocturno.

3. Especialistas a determinado clima: grupos de hormigas cuya distribución está altamente concentrada en zonas áridas, los trópicos húmedos, o en regiones frías o templadas (especialistas en climas cálidos, tropicales y fríos, respectivamente). Las de climas cálidos son característicos en sitios donde las dolichoderines son muy abundantes, incluye taxa termofílos y especialistas en recolectar semillas como algunas especies de *Monomorium*, *Pogonomyrmex*, *Messor*,

*Myrmecocystus*, y *Solenopsis*. Las de climas templados o fríos incluye a los géneros *Lasius*, *Leptothorax*, *Stenammas*, *Lasiophanes* y algunas especies de *Formica*, junto con las de clima tropical, son comunes en donde la abundancia de las dolichoderinas dominantes es baja. Los especialistas en clima tropical incluye muchos taxa característicos del bosque tropical lluvioso como Dorylinae, Ecitoninae, y Attini, también incluye a las hormigas conductualmente dominantes del género *Oecophylla*.

4. Especies crípticas: son especies diminutas o pequeñas de myrmecinas como *Solenopsis* (*Diplorhoptum*), ponerinas como *Hypoponera*, la mayoría de las Dacetoniini, anidan y forrajean principalmente dentro del suelo, la hojarasca y en troncos podridos. Son hormigas muy abundantes en habitats con gran cobertura vegetal y constituyen un componente importante de la hojarasca en las selvas.

5. Oportunistas: son especies ruderales, poco competitivas y no especializadas cuya distribución es muy amplia aunque predominan en sitios donde el estrés y el disturbio limitan severamente la productividad y diversidad de otras hormigas y por consiguiente en donde la dominancia conductual es baja, incluye a los grupos: *Aphaenogaster*, *Dorymyrmex*, *Ectatomma*, *Formica* del grupo *fusca*, *Lepisiota*, *Myrmica*, *Paratrechina*, *Rhytidoponera*, *Tapinoma* y *Technomyrmex*.

6. Myrmecinas generalistas: especies de *Crematogaster*, *Monomorium* y *Pheidole*, son de las hormigas más abundantes y ubicuas en las comunidades de hormigas en las regiones cálidas del mundo.

7. Depredadores especialistas: especies grandes y de talla mediana que son depredadores especialistas de otros artrópodos, generalmente tienen poca interacción con otras hormigas debido a sus dietas especializadas y a sus bajas densidades poblacionales, incluye forrajeras solitarias como *Pachycondyla* y otras especies de los grupos *Anochetus*, *Cerapachys*, *Leptogenys*, *Myrmecia* y *Odontomachus*.

Como patrón general se ha observado que los habitats afectados por perturbaciones humanas son más frecuentemente invadidos por especies exóticas o especies trampa, hormigas asociadas a las perturbaciones de origen antropogénico, que se han establecido a lo largo de todo el mundo y que han sido dispersadas principalmente por el comercio humano (Wetterer, 2008); en comparación con los ecosistemas afectados por perturbaciones naturales (incendios o inundaciones), en los cuales, ciertas especies de hormigas nativas son resistentes a la invasión por estar mejor adaptadas a las condiciones locales. Asimismo, los sitios perturbados se encuentran dominados generalmente por especies oportunistas o generalistas presumiblemente porque estas pueden aprovechar el cambio en la disponibilidad de recursos especialmente cuando la perturbación los pone en una ventaja competitiva (Hoffmann y Andersen, 2003).

En el Cuadro 2.2 se enlistan algunos de los estudios desarrollados en el neotropico, el país

y la zona de estudio, en los que se analiza el efecto de diferentes tipos de disturbio sobre las comunidades de hormigas.

En el neotropico, algunos estudios se han enfocado en analizar los cambios en la riqueza, diversidad y composición de especies de hormigas en sitios con diferentes estados de sucesión, alteración o tipo de manejo como: potreros, plantaciones y ecosistemas naturales poco o no intervenidos. Sobre esa línea Bustos y Ulloa-Chacón (1996), compararon la diversidad de hormigas en tres estados sucesionales de bosque húmedo premontano en Colombia, encontraron que ésta era menor en los sitios en regeneración y la composición de especies difería entre estados sucesionales, asimismo, identificaron grupos de especies raras, comunes y exclusivas de cada estado sucesional con potencial indicador del grado de perturbación del ambiente. En un sentido más amplio Floren y Linsenmair (2001), buscaron comprender los procesos involucrados en el ensamblaje de las comunidades tropicales de artrópodos en un bosque lluvioso con distintos niveles de perturbación en el Parque Nacional de Kinabalu en Malasia, compararon la abundancia y composición de los grupos de artrópodos presentes en las copas de los árboles y encontraron que las comunidades de hormigas presentan menor complejidad estructural con el incremento de la perturbación, y que la presencia de éste grupo está relacionada con la presencia de lepidópteros. Schonberg *et al.* (2004), compararon la riqueza y composición de hormigas del dosel en un bosque de niebla primario, secundario y en un pastizal en Costa Rica, encontraron que la riqueza de hormigas es muy similar en el bosque primario y el pastizal, pero menor en el bosque secundario, lo cual explicaron, por la presencia de árboles en los pastizales que funcionan como refugios para las comunidades de hormigas.

En cuanto a trabajos sobre el tema en cuestión pero desarrollados en el bosque tropical seco, se encuentra el de Armbrrecht y Ulloa-Chacón (1999), quienes analizaron el efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de hormigas mediante la comparación de su diversidad y rareza en siete fragmentos de bosque tropical seco en el valle del Río Cauca en Colombia, sus resultados indicaron que los fragmentos de bosque preservan un mayor número de especies raras y son más ricos y diversos en comparación con sus matrices correspondientes. Zelikova y Breed (2008), analizaron el efecto de la alteración del hábitat sobre la composición de la comunidad de hormigas en un bosque tropical seco, encontraron que, la composición de la comunidad y la abundancia relativa de especies dispersoras de semillas difiere entre fragmentos de bosque conservado, bosque secundario y pastizales. Por otra parte, además de analizar el efecto de la perturbación Neves *et al.* (2010), también analizaron el papel de la estacionalidad del bosque tropical seco sobre la composición y riqueza de hormigas del dosel en tres estados sucesionales de un bosque tropical seco en el Parque Estatal de Mata Seca en Brasil, sus resultados indicaron cambios en la composición de especies a través de los estados sucesionales y entre temporadas, los cuales, fueron más evidentes entre los estados intermedios y tardíos por lo que concluyeron que con

25 años de regeneración un bosque puede restaurar la mayoría de las comunidades de hormigas del dosel.

De los trabajos sobre hormigas realizados en México existen pocos estudios relacionados con la respuesta de las comunidades de hormigas a la perturbación del ambiente, de entre ellos se encuentran: el de Mackay *et al.* (1991), quienes observaron que por efecto de la roza, tumba y quema de una selva húmeda en el estado de Chiapas la fauna de hormigas se redujó a la mitad, y las especies sobrevivientes correspondían a grupos generalistas, con nichos amplios, y que podían acceder a distintas fuentes de alimento. En otra selva húmeda del país Quiroz-Robledo y Valenzuela-González (1995), compararon las comunidades de hormigas del suelo de una selva y sus pastizales adyacentes en el estado de Veracruz, como resultado registraron que al menos el 50% de las especies desaparecieron con la conversión de la selva en pastizales.

Existen un par de estudios desarrollados en selvas bajas caducifolias del país en los que se compara la diversidad o composición de hormigas entre ambientes conservados y alterados, uno de éstos se desarrollo en un gradiente altitudinal en el Cañon del Novillo en el estado de Tamaulipas, en donde se comparó la diversidad de hormigas entre bosques perturbados y conservados, y se encontró en el caso particular de la selva que las áreas alteradas resultaron ser más diversas que las áreas no perturbadas (Flores-Maldonado *et al.* 1999). Otro estudio incluye una selva baja caducifolia del estado de Veracruz en donde Gove *et al.* (2005) examinaron el efecto de la presencia de árboles sobre el ensamblaje de las comunidades de hormigas del suelo y del dosel en pastizales aislados y en parches de selva secundaria ubicados lejos de áreas protegidas, sus resultados no mostraron cambios en la composición de hormigas entre temporadas e indicaron que inclusive pequeños fragmentos de selva pueden contribuir significativamente a la conservación del paisaje ya que estos provee un hábitat suficiente para que algunas especies logren sobrevivir fuera de las zonas de reserva. Adicionalmente, en un estudio realizado por García-Martínez *et al.* (2015), en una selva estacional del estado de Veracruz, desarrollado bajo condiciones muy similares a las del presente trabajo en cuanto a ambientes de estudio y variables analizadas, encontraron que la riqueza y abundancia de especies varía con el nivel de perturbación del ambiente y que hay un recambio de gupos funcionales de hormigas en el que se ve un reemplazo de especies especialistas por oportunistas y generalistas en los ambientes más perturbados.

En el caso específico de la RBCh-C, sólo existen un par de trabajos en los que se estudia a las comunidades de hormigas en cuanto a su diversidad, riqueza y composición de especies, uno de ellos corresponde a Mercado (1994), quien describe la diversidad y composición de la comunidad de hormigas del suelo considerando la estacionalidad de la selva. Por otra parte, Castaño-Meneses (1997) y Castaño-Meneses y Palacios-Vargas (2003), analizaron el efecto del fuego y del manejo de la tierra sobre la abundancia, diversidad y composición de los gremios tróficos de hormigas en cinco parcelas experimentales, e identificaron que fuegos muy severos disminuyen la diversidad y

reducen la densidad de hormigas, además de que también modifican la composición de los gremios tróficos, lo que podría tener un efecto importante en los procesos de circulación de energía en el ecosistema.

De acuerdo con lo expuesto, es evidente que el estado de conocimiento sobre la respuesta de las comunidades de hormigas a la perturbación y transformación del habitat en la zona de estudio es prácticamente nulo, por lo que es de interés conocer con mayor detalle los procesos locales involucrados en el ensamblaje de las comunidades de hormigas y explorar la importancia del papel que desempeñan en este ecosistema.

Cuadro 2.2: Estudios sobre los efectos de la perturbación del hábitat en las comunidades de hormigas.

Tipo de disturbio	Efectos sobre la comunidad de hormigas	Localidad	Ambiente	Fuente
Deforestación, explotación forestal y/o actividades agropecuarias	Disminución en la diversidad y cambios en la composición de especies de hormigas	Colombia	Bosque húmedo premontano	Bustos y Ulloa-Chacón, 1996
	Cambios en la estructura de las comunidades de hormigas en relación al nivel de perturbación del ambiente	Parque Nacional de Kinabalu, Malasia	Bosque lluvioso de tierras bajas	Floren y Linsenmair, 2001
	Cambios en la abundancia e importancia de la presencia de árboles aislados en pastizales como refugio para las hormigas	Reserva Biológica Bosque Nuboso Monteverde, Costa Rica	Bosque nuboso	Schonberg <i>et al.</i> , 2004
	Disminución de la riqueza	Los Tuxtlas Veracruz, México	Bosque tropical lluvioso	Quiroz-Robledo y Valenzuela-González, 1995
	Cambios en la abundancia de especies dispersoras de semillas y en la composición de especies	Guanacaste, Costa Rica	Bosque tropical seco	Zelikova y Breed, 2008
	Cambios en la composición de especies en relación al grado de perturbación del ambiente Incremento en la diversidad de hormigas	Parque Estatal de Mata Seca, Brasil Tamaulipas, México	Bosque tropical seco Bosque tropical	Neves <i>et al.</i> , 2010 Flores-Maldonado <i>et al.</i> , 1999
Fragmentación del hábitat y formación de claros	Reemplazo de grupos funcionales, disminución de la riqueza e incremento de la abundancia con el aumento de la perturbación	Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Veracruz	Bosque estacional	García-Martínez <i>et al.</i> , 2015
	Disminución en la riqueza y diversidad de hormigas en las matrices antropogénicas que rodean los fragmentos de bosque	Valle del Río Cauca, Colombia	Bosque tropical seco	Armbrecht y Ulloa-Chacón, 1999
Fuego	La presencia de árboles aislados y la matriz circundante favorecen la diversidad de hormigas	Veracruz, México	Bosque tropical seco	Gove <i>et al.</i> , 2005
	Disminución en la riqueza de hormigas	Chiapas, México	Bosque tropical lluvioso	Mackay <i>et al.</i> , 1991
	Disminución en la abundancia y diversidad de especies así como cambios en la composición de gremios tróficos	Chamela, Jalisco	Selva caducifolia baja	Castaño-Meneses, 1997; Castaño-Meneses y Palacios-Vargas, 2003

# Justificación

Como parte de las posibles acciones para mitigar o desacelerar el proceso de destrucción de los ecosistemas naturales se encuentra el desarrollo y la aplicación de políticas y planes de manejo diseñados a partir de un enfoque ecológico y social que partan del conocimiento detallado sobre el funcionamiento y la respuesta de los ecosistemas a las perturbaciones provocadas por el ser humano, así como, del papel que ocupa la sociedad dentro del proceso de degradación y conservación de los mismos.

En el sentido de lo ecológico, es necesario el desarrollo de estudios que describan las características estructurales y de composición que presentan las comunidades de organismos que se establecen antes, durante y después de que el ambiente sufre un disturbio; con la finalidad de identificar la forma en la que pueden verse alterados o modificados los numerosos procesos ecológicos en los que participan éstos organismos. En este sentido, la realización del presente trabajo establecería un punto de partida para conocer algunas de las características de las comunidades de hormigas que se establecen antes, durante y después de la transformación de la selva baja caducifolia, y permitirá, identificar a las especies o grupos de especies de hormigas que participan en importantes procesos ecológicos en el ecosistema, y que por lo tanto, podrían utilizarse en trabajos de caracterización ambiental o en la planeación de programas de manejo y/o de conservación en la zona de estudio.



# Preguntas de investigación

- ¿Cuál es el estado de conocimiento que se tiene de la familia Formicidae en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México?
- ¿Cómo responden las comunidades de hormigas a los distintos grados de perturbación del ambiente y a la estacionalidad, en términos de: riqueza, abundancia, diversidad y composición de especies?
- ¿Qué especies o grupos funcionales de hormigas presentan afinidad por cierto tipo de ambiente o temporada?
- ¿Qué efectos puede producir la perturbación del ambiente sobre los procesos ecológicos en los cuales participan las hormigas?

# Hipótesis

Considerando que los factores que determinan el ensamblaje de las comunidades de hormigas son el alimento y los sitios de anidación y que la remoción de la cobertura vegetal afecta la disponibilidad de éstos recursos para las hormigas (Blüthgen y Feldhaar, 2010; Philpott *et al.*, 2010), de manera que en los ambientes con cobertura y estructura vegetal heterogénea, como en el caso de las selvas, la disponibilidad de éstos recursos es mayor en comparación con los ambientes perturbados, en los que se ha removido o modificado casi por completo el estrato arbóreo y arbustivo, se espera que:

La selva primaria presente:

- los mayores valores de riqueza y diversidad de hormigas
- la menor abundancia y dominancia de especies
- composición de especies heterogénea y con representantes exclusivos de este ambiente

La selva secundaria presente:

- valores intermedios de riqueza, diversidad y abundancia
- composición de especies conformada por hormigas presentes tanto en selva primaria como en los ambientes con manejo

Los ambientes con manejo presenten:

- la menor riqueza y diversidad de hormigas
- alta abundancia y dominancia de especies que se vean favorecidas por la perturbación
- composición de especies poco heterogénea e incluya especies exóticas o invasoras

Debido a que la estacionalidad es un factor que también modifica la disponibilidad de los recursos para las hormigas y considerando que durante la temporada lluviosa éstos pueden presentarse en mayor proporción y variedad, se espera encontrar:

- mayor riqueza y diversidad de hormigas durante la temporada lluviosa
- mayor abundancia durante la temporada seca de especies de hormigas adaptadas a ambientes con altas temperaturas y menor disponibilidad de agua
- composición de especies afines a cada temporada

# Objetivos

## 6.1 General

Contribuir al conocimiento de la familia Formicidae mediante la caracterización de las comunidades de hormigas que habitan la selva baja caducifolia y ambientes con distinto grado de perturbación en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México.

## 6.2 Particulares

- Analizar la riqueza de hormigas y elaborar un listado de especies para la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.
- Caracterizar a las comunidades de hormigas en términos de riqueza, abundancia, diversidad, composición de especies y grupos funcionales, en función de la temporada y del nivel de perturbación del ambiente.
- Identificar a las especies o grupos de especies de hormigas afines a ambientes y/o temporadas específicos que puedan ser empleados para evaluar el estado de conservación de un sitio determinado en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.

# Descripción del área de estudio

## 7.1 Localización

El presente estudio se desarrolló en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCh-C) perteneciente al municipio La Huerta, Jalisco; en la costa del Pacífico Mexicano. La RBCh-C está localizada dentro de los 19° 13' 05" - 20° 43' 33" de latitud norte y los 104° 39' 03" - 105° 40' 11" de longitud oeste, aproximadamente a 120 Km al norte de Manzanillo y ocupa alrededor de 13 142 ha delimitadas al sur por el río Cuitzmala y al norte por el arroyo Chamela (Ceballos y Miranda 2000) (Fig. 7.1).

## 7.2 Topografía

La RBCh-C se localiza en una región predominantemente serrana, y sus terrenos varían del nivel del mar hasta aproximadamente los 400-500 m. snm. (De Ita, 1983; Ceballos y Miranda, 2000); su relieve está dominado por lomeríos (entre los que destacan los cerros Careyes, Colorado y Maderas) y algunas planicies aluviales que se presentan cerca de la desembocadura de arroyos y ríos; las elevaciones serranas representan el 85% de la región, y las planicies el 15% restante (De Ita, 1983).

## 7.3 Clima

El clima de la región es tropical y pertenece al grupo cálido subhúmedo (Aw0i) con lluvias en verano de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (1988). Se caracteriza por presentar: una temperatura media anual mayor a 22° C, una temperatura promedio del mes más frío mayor a 18° C que lo ubica como el tipo de clima más seco dentro de los cálidos subhúmedos (w0); con un coeficiente P/T (precipitación [mm]/ temperatura) menor que 43.2; la precipitación anual varía de 700-1000 mm, con 5.6 de lluvia invernal; y la oscilación térmica debe ser menor que 5°

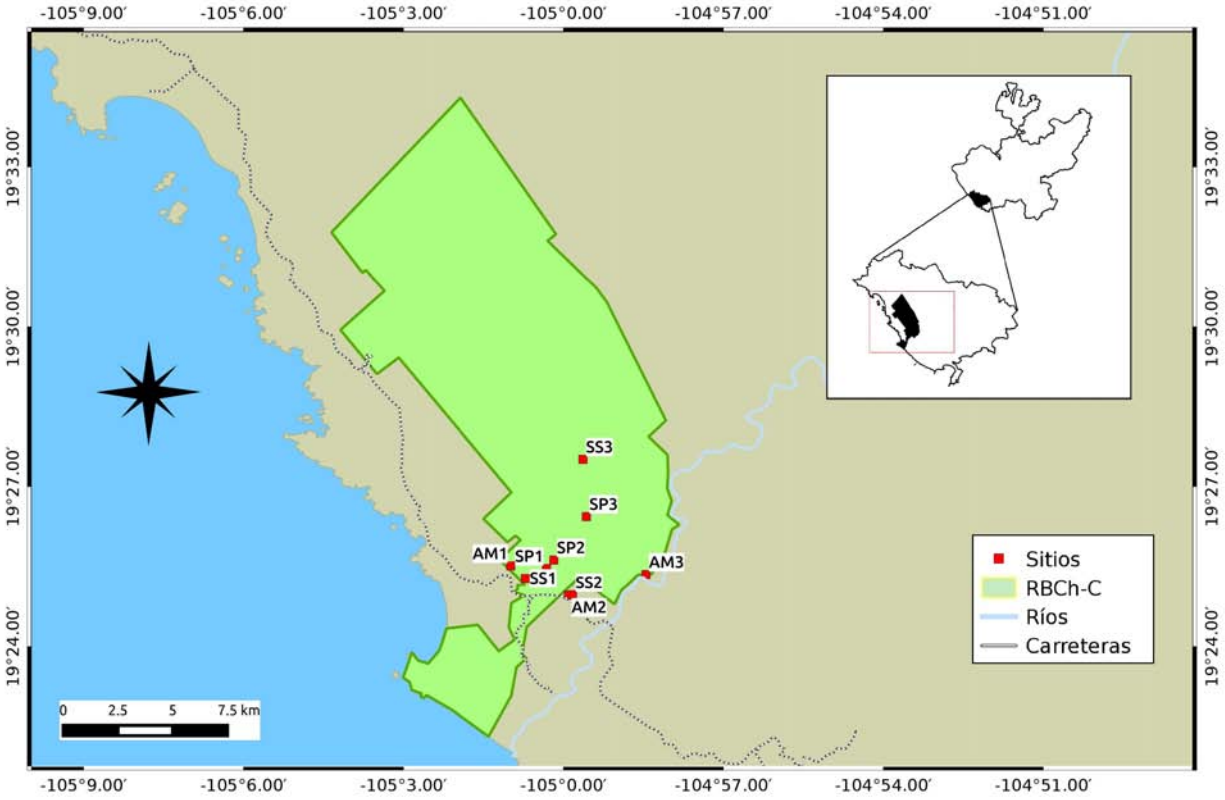


Figura 7.1: Mapa de ubicación de los sitios de estudio y de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (RBCh-C). SP1, SP2 y SP3: sitios de selva primaria, SS1,SS2 SS3: sitios de selva secundaria, AM1, AM2, AM3: sitios de ambientes con manejo.

C (i) (Bullock, 1986; García, 1988; García-Oliva *et al.*, 2002). Los datos más recientes del clima de la Estación de Biología Chamela para el periodo de 1978-2000 de acuerdo con García-Oliva *et al.*, (2002); son: temperatura media anual de 24.6° C, con un promedio anual de temperatura máxima de 30° C y mínima de 19.5° C, y una oscilación media mensual de 4.3° C. El patrón de lluvias de la región es marcadamente estacional (Bullock, 1986), debido a la alternancia de una larga temporada seca con otra húmeda (Rzedowski, 1979); concentrándose la temporada de lluvias entre cuatro o cinco meses del año (junio-octubre) (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 1991; 1995), y un prolongado periodo de sequía que dura aproximadamente de 6 a 7 meses (noviembre-mayo) (Ceballos y Miranda, 2000). La RBCh-C se localiza en la zona entre Puerto Vallarta y Manzanillo donde la precipitación promedio anual es de 752 mm (García-Oliva *et al.*, 1991). La cantidad y la marcha de las lluvias se ven afectadas por la incidencia de los ciclones o tormentas tropicales a lo largo de la costa del Pacífico; los cuales juegan un papel muy importante en el patrón de lluvias de la costa del Pacífico, y son los que aportan alrededor del 50% de la lluvia anual (García-Oliva *et al.*, 1991; 1995). La época de ciclones inicia en junio y termina en noviembre, presentándose más del 50% de ellos entre septiembre y octubre (Jáuregui, 1967; 1987).

## 7.4 Vegetación

Los tipos de vegetación en la RBCh-C son muy variados, en la sección cercana al mar de aproximadamente 800 ha se presenta: manglar, manzanillera, vegetación riparia, carrizal, vegetación acuática, vegetación de dunas costeras y pastizales (Ceballos *et al.*, 1999; Ceballos y Miranda, 2000). En la mayor sección, de aproximadamente 12 400 ha, domina la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963), pero también hay algunos manchones localizados de selva mediana subperennifolia (Ceballos *et al.*, 1999; Ceballos y Miranda, 2000). La selva baja caducifolia es una comunidad densa representada por árboles con copas extendidas que forman un dosel uniforme, con una altura entre los 8-15 m (Trejo, 1996), hay una alta incidencia de árboles con corteza exterior exfoliante de colores vivos y brillantes, principalmente en tonalidades rojas y amarillas como en el caso de algunas especies de: *Bursera*, *Jatropha*, *Euphorbia* y *Acacia* (Rzedowski, 1979); lo más sobresaliente es que en este tipo de vegetación la mayoría de las especies pierden sus hojas por un periodo de 5 a 7 meses del año, provocando un contraste fisonómico muy grande entre la temporada de lluvias y la de sequía (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Rzedowski, 1978). La riqueza florística de la región de Chamela-Cuixmala, excede la de otras selvas neotropicales que poseen más del doble de lluvia anual (Lott *et al.*, 1987). En la región se han reportado 1 200 especies pertenecientes a 125 familias y a 572 géneros de plantas vasculares (Lott, 2002). Las dos familias mejor representadas (con el mayor número de especies) son: Leguminosae con 160 especies (14.0%) y Euphorbiaceae con 94 especies (8.2%); en

orden de importancia le siguen Compositae, Gramineae, Convolvulaceae, Malvaceae, Solanaceae, Rubiaceae, Acanthaceae, Bromeliaceae, Cucurbitaceae, Verbenaceae y Boraginaceae (Lott y Atkinson, 2002). Los géneros más representados en la región son: *Ipomoea* (trepadoras herbáceas); *Tillandsia* (epífitas), *Cyperus* y *Solanum* (herbáceas); *Croton*, *Mimosa*, *Acalypha* y *Acacia* (arbustivas); *Lonchocarpus*, *Phyllanthus*, *Euphorbia*, *Cordia*, *Bursera*, y *Jatropha* (arborescentes), (Lott y Atkinson, 2002). Las especies arbóreas más importantes son: *Cordia alliodora*, *Caesalpinia eriostachys*, *Lysiloma divaricata*, *Heliocarpus pallidus*, *Jatropha chamelensis* y *Trichilia trifolia*, entre otras (Lott *et al.*, 1987).

## 7.5 Fauna

En la reserva habita una amplia variedad de comunidades animales, para el caso de los vertebrados hay registros de: 70 especies de mamíferos (Ceballos y Miranda, 1986; Téllez *et al.*, 1997), 270 especies de aves (Arizmendi *et al.*, 1991), 68 especies de reptiles y 19 de anfibios (García y Ceballos, 1994; Ramírez Bautista, 1995). Los registros que hay sobre peces corresponden a toda la zona costera de la Bahía de Chamela incluyendo los cuerpos de agua continentales, para los cuales se tienen registradas: 110 especies pertenecientes a 88 géneros y 54 familias (Espinoza-Pérez *et al.*, 2002). En el caso de los invertebrados de acuerdo con Pescador-Rubio *et al.*, (2002), hasta la fecha se han registrado 1 877 especies de artrópodos, 14 de éstas pertenecientes a la clase Arachnida y 1 863 a la clase Hexapoda, éstas últimas agrupadas en 15 ordenes, 121 familias y 969 géneros. Los tres órdenes con mayor número de especies registradas son: Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera. De las familias consideradas como las más diversas a escala mundial y de las cuales se tiene aún muy poco conocimiento se encuentran, del Orden Coleoptera: Chrysomelidae, Cucurlionidae, Carabidae y Staphylinidae; Orden Hymenoptera: Formicidae, Ichneumonidae y Braconidae; Orden Lepidoptera: Noctuidae, Pyralidae, Geometridae y un gran número de familias del orden Microlepidoptera.

En cuanto a Formicidae, en la tabla 7.1, se muestra el listado de las especies de hormigas reportados para la RBCh-C en tesis y distintas publicaciones (Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1994; Castaño-Meneses, 1997; Mercado, 1994; Rodríguez-Palafox y Corona, 2002), en el cual se incluyen: 10 subfamilias, 49 géneros y 127 especies/morfoespecies, muchas de las cuales aún no han sido determinadas a nivel específico (Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1994; Castaño-Meneses, 1997; Mercado, 1994; Rodríguez-Palafox y Corona, 2002; Castaño-Meneses y Palacios-Vargas, 2003; Castaño-Meneses, 2014).



Cuadro 7.1: Listado de hormigas obtenido de la revisión realizada a diferentes trabajos sobre hormigas desarrollados en la RBCCh-C. El \* indica los géneros con nomenclatura y clasificación de Bolton *et al.*, 2006; entre parentesis, se reporta la nomenclatura empleada originalmente en las fuentes citadas.

Subfamilias	Género	Watkins, 1988	Rodriguez- Palafox y Corona, 2002	Castaña- Meneses, 1994	Castaña- Meneses, 1997	Mercado- Uribe, 1997	Castaña- Meneses, 2014	Riqueza máxima registrada entre estudios	
Amblyoponinae	<i>Amblyopone</i>			1	1		1	1	
	<i>Prionopelta</i>			1				1	
Cerapachyinae	* <i>Acanthostichus</i> ( <i>Ctenopyga</i> )					2		2	
Dolichoderinae	<i>Azteca</i>					1		1	
	* <i>Dolichoderus</i> ( <i>Hypoclinea</i> )			1				1	
	* <i>Dorymyrmex</i> ( <i>Conomyrma</i> )			1				1	
	<i>Forelius</i>			1	2		1	2	
	<i>Iridomyrmex</i>			1				1	
	<i>Tapinoma</i>			1	1	1	1	1	
	<i>Technomyrmex</i>					1		1	
Ecitoninae	<i>Eciton</i>	3		1	1	1		3	
	<i>Gnamptogenys</i>			1		1		1	
	<i>Labidus</i>	1			1			1	
	<i>Neivamyrmex</i>	10		1	2	6	1	10	
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i>			1	1	2		2	
	<i>Typhlomyrmex</i>			1				1	
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i>			1	2	1	2	2	
	<i>Camponotus</i>			1	17	8	13	17	
	<i>Formica</i>					1		1	
	<i>Lasius</i>			1				1	
	<i>Paratrechina</i>			1	1			1	
	<i>Prenolepis</i>			1				1	
Myrmicinae	<i>Acromyrmex</i>			1	1		1	1	
	<i>Aphaenogaster</i>			1		1		1	
	<i>Atta</i>			1	1	1		1	
	* <i>Carebara</i> ( <i>Oligomyrmex</i> )			1	2	1	1	2	
	* <i>Cephalotes</i> ( <i>Zacryptocerus</i> )			1	7	2	6	7	
	<i>Crematogaster</i>			2	2	2	2	2	
	<i>Cyphomyrmex</i>			1	1	2		2	
	<i>Leptothorax</i>			1	5	3		5	
	<i>Megalomyrmex</i>			1	1			1	
	<i>Monomorium</i>					2		2	
	<i>Myrmecina</i>			1				1	
	<i>Oxyepoecus</i>					1		1	
	* <i>Pheidole</i> ( <i>Decapheidole</i> )		1	1	1	7	12	4	12
	* <i>Pyramyca</i> (subg.)								
	<i>Trichoscapa</i> , <i>Glamyromyrmex</i> , <i>Neostruma</i> , <i>Smithistruma</i> )			2	1				2
	<i>Rogeria</i>				2				2
	<i>Solenopsis</i>			1	2	6	1		6
	<i>Strumigenys</i>			1	2	1	2		2
	* <i>Temnothorax</i> ( <i>Macromischa</i> )					1	4		4
	<i>Tetramorium</i>					1			1
<i>Trachymyrmex</i>					1	2		2	
Ponerinae	<i>Hypoponera</i>			1	5			5	
	<i>Odontomachus</i>			1	1	1		1	
	<i>Pachycondyla</i>			1	1		1	1	
	<i>Platythyre</i>				1	1		1	
	<i>Ponera</i>					1		1	
Proceratiinae	<i>Discothyrea</i>				1			1	
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i>			4	7	4	5	7	
	Total			39	80	70	46	127	

## 7.6 Hidrología

La sección de selva baja no presenta cuerpos de agua permanentes mientras que la selva mediana y los humedales se caracterizan por presentar inundaciones periódicas y mantener cuerpos de agua en forma perenne (Ceballos *et al.*, 1999). El principal aporte de agua se realiza en la época de lluvias, principalmente a través de los arroyos: Limbo, Careyes, Cajones, Chamela, y del río Cuitzmala por medio de un sistema de canales naturales (Ceballos *et al.*, 1999), el Arroyo Chamela siempre descarga agua subterránea, pero no en todos los años tiene corriente superficial (Bullock, 1988).

## 7.7 Suelo

Los suelos de la región están formados por rocas basálticas, riolitas y en su mayoría por granito (Bullock, 1986; 1988). Las zonas de pendientes pronunciadas presentan suelos de tipo Regosol éutrico (Detenal, 1972; FAO-UNESCO, 1973), mientras que en las planicies o sitios con menor pendiente predomina el Feozen háplico, asociados a estos pero en menores proporciones se encuentran también: cambisoles, fluvisoles y litosoles (Ceballos *et al.*, 1999). Los suelos se caracterizan por ser arenosos o arcillosos, con un pH muy cercano a la neutralidad (Bullock, 1986; 1988); predominan los suelos someros (cuyo contenido de materia orgánica es generalmente bajo) y los enriquecidos con sedimentos aluviales de lugares planos apropiados para la agricultura (Ceballos *et al.*, 1999).

## 7.8 Historia de uso de suelo en la región

De acuerdo con De-Ita (1983), probablemente los primeros asentamientos que ocuparon la región en donde se localiza la RBCh-C correspondan a tribus nahuas de tecos (guerreros salvajes) y cocas (agricultores), establecidos en los valles de Tomatlán, Cihuatlán, y en importantes puertos como el de Barra de Navidad y Chamela, que por su baja densidad poblacional se dedicaron a cultivar para satisfacer sus propias necesidades y no interfirieron significativamente con la estructura y dinámica de los ecosistemas naturales. Posteriormente, durante la colonización española se dió el establecimiento de haciendas y de zonas agrícolas y ganaderas en los alrededores de los valles, que fueron manejadas bajo el sistema de roza-tumba y quema con periodos espaciados de barbecho que permitían mantener la capacidad de regeneración de la vegetación y que mantuvieron un bajo impacto sobre el ambiente.

A partir de 1940 cuando el gobierno mexicano impulso el programa "Marcha al Mar" para colonizar las costas del estado de Jalisco e impulsar el desarrollo de la agricultura y el turismo, se dio lugar a la repartición de tierras y al establecimiento de los primeros ejidos y propiedades

privadas que en principio mantuvieron un bajo impacto sobre el ambiente. Posteriormente, el proceso de transformación continuó de manera acelerada debido a la gran afluencia de créditos nacionales e internacionales, así como, de programas y políticas gubernamentales que continuaron impulsando la expansión de tierras para la agricultura y el pastoreo como respuesta estatal a la crisis agrícola iniciada a mediados de 1960. Tal fenómeno, indujo la intensificación, extensión y especialización de las prácticas agrícolas provocando la desarticulación de la forma de producción tradicional lo que condujo gradualmente a la degradación irreversible del ecosistema. Aunado a esto, se presentó un importante crecimiento demográfico en la región provocado por la migración desde los estados de Michoacán y los Altos de Jalisco, lo que dio lugar a la mayoría de los asentamientos actuales y favoreció en los nuevos pobladores poco arraigo a la tierra, factor que ha influido significativamente sobre los procesos de transformación y conservación de la selva (De-Ita, 1983; Castillo *et al.*, 2005).

De-Ita (1983), describe que el patrón de tenencia de la tierra en la región depende del tipo y la intensidad del manejo, presentándose en los ejidos una agricultura de temporal fundamentalmente para autoconsumo basada en la roza, tumba y quema intercalada con periodos de descanso de la tierra, en comparación con el manejo en la propiedad privada, el cual consiste en la tenencia de grandes extensiones de tierra de las que se aprovechan esencialmente las zonas planas en las que se implementa una agricultura de riego mecanizada con el establecimiento de cultivos perennes y disminución de los periodos de descanso, así como, el incremento de las prácticas de desmonte debido a la pérdida de productividad. La actividad agrícola desarrollada en la región es considerada de tipo intensivo (a pesar de que la apertura de parcelas para cultivo se da con el proceso tradicional de roza tumba y quema), en el sentido de que el ciclo de barbecho, si lo hay, nunca es mayor que el ciclo de cosecha. Después del primer año de cultivo debido al bajo potencial productivo del suelo, las parcelas se abandonan y se introducen pastos exóticos de las especies *Panicum maximum* y *Cenchrus ciliaris* (introducidos en la región a mediados de 1970 y principios de 1980), para el pastoreo por ganado, el cual, se cría principalmente para producir carne y leche destinados para el autoconsumo o venta local. La ganadería que se desarrolla en la región, es de tipo extensiva, la raza de ganado bovino más generalizada es el cebú que presenta gran resistencia a la sequía y que ha desplazado a las razas criollas que existieron anteriormente en la costa.

Ortíz (2001), menciona que cuando el manejo de las parcelas termina se permite el crecimiento de la vegetación secundaria, o bien, cuando el terreno está cerca de algún poblado se vende en lotes para la construcción de vivienda.

En la Fig. 7.2, se resume el proceso general de transformación de la selva baja caducifolia en la zona de estudio, según el cual, se inicia con el desmonte total de tierras para su uso como suelo agropecuario, presentándose posteriormente el abandono de las parcelas debido principalmente a la pérdida de productividad por la disminución en la fertilidad del suelo; posteriormente, se da paso al



# Materiales y Métodos

## 8.1 Trabajo de Campo

### 8.1.1 Elección de los sitios de estudio

Para el desarrollo de este trabajo se eligieron de acuerdo con la historia de manejo de uso de suelo en la región tres condiciones contrastantes en cuanto a estado de conservación. De cada ambiente se seleccionaron tres sitios ubicados en terrenos de la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C, la cual forma parte de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCh-C).

A continuación se enlistan los atributos que fueron considerados para la selección de los sitios de estudio:

1. Sitios con buen estado de conservación inmersos en la matriz de selva conservada y con una distancia mínima de 100 metros a cualquier camino o arroyo para evitar el efecto de borde y la influencia de la selva mediana sobre los transectos.
2. Sitios con historia de manejo agrícola o ganadero y que mostraran una estructura vegetal limitada al estrato herbáceo o inexistente.
3. Sitios ubicados a una distancia considerable que permitiera el muestreo de un sitio por ambiente por día.

Descripción de los ambientes y sitios de estudio:

- I. SELVA PRIMARIA (SP).

Sitios de selva baja caducifolia sin signos visibles de disturbio antropogénico en el pasado y que presentaban una composición y estructura vegetal típica de una selva madura de acuerdo a lo que describe Rzedowski (2006). Se buscaron sitios con cobertura más o menos densa, que presentaran dominancia de especies arborescentes con una altura no mayor a 15

metros y diámetro de los troncos que por lo general no sobrepasaran los 50 cm, retorcidos y ramificados a corta altura, así como, presencia de especies con corteza exfoliante. A este ambiente se le asignó la condición de mejor conservación o de nula perturbación (Fig. 8.1 inciso a y b).

- II. SELVA SECUNDARIA (SS).

Sitios de selva secundaria en proceso de regeneración natural con al menos 25 años de abandono, los cuales, originalmente estaban cubiertos por selva baja caducifolia que fue desmontada a medidados de los años setenta para darles manejo como cultivo de temporal durante un año, y después como tierras de pastoreo para la cría de ganado por 14 años consecutivos; posteriormente, se abandonaron para dar paso a su proceso de regeneración natural. Los sitios se caracterizan por la dominancia de dos o tres especies vegetales de leguminosas que presentan un patrón de crecimiento de tipo arbustivo con diámetros pequeños y plántulas que dominan el sotobosque durante la temporada lluviosa, aspecto singular, que concuerda con lo reportado por Ortiz (2001), quién expone que las comunidades que se integran después de una perturbación pueden estar conformadas hasta por una sola especie muy abundante y con poco aporte de área basal. Este ambiente se clasificó con grado de perturbación intermedio (Fig. 8.1 inciso c y d).

- III. AMBIENTES CON MANEJO (AM).

Parcelas con manejo agropecuario, se seleccionaron dos sitios de pastizal inducido (AM1 y AM3) y un sitio de cultivo de temporal (AM2) inmersos en la matriz de selva baja caducifolia que presentan la misma historia de manejo que los sitios de selva secundaria pero con la diferencia de que en éstos aún persiste su manejo aunque con variaciones en cuanto a las especies de ganado crías y de plantas cultivadas. En ambos pastizales hay dos especies de pastos introducidos: *Panicum maximun* y *Cenchrus cillaris*, en el pastizal AM1 hay un sembradío de palmera de coco y la mayor parte de la superficie del suelo está cubierta por pasto seco durante la temporada de sequía y por plántulas de una especie herbácea durante las lluvias, presenta pastoreo principalmente por cabras y borregos aunque en algunas ocasiones también por caballos (Fig. 8.1 inciso e y f). En el pastizal AM3 hay un árbol de *Entorolobium cyclocarpum* comunmente llamado “parota” muy cercano a los transectos de muestreo, también hay presencia de algunas plantas del género *Acacia* que crecen en forma arbustiva, así como, algunos bejucos herbáceos que emergen sólo durante la temporada lluviosa, el tipo de animales que pastorean en esta parcela son principalmente ganado vacuno y equino. El sitio AM2 de cultivo de temporal, se encuentra muy cerca de la carretera, está rodeado de palmeras así como de elementos arbóreos entre los que destacan

las parotas, también hay presencia abundante de hierbas de una especie de leguminosa que domina una parte de la parcela durante la temporada lluviosa. El principal cultivo en esta parcela es la jamaica y el sorgo que se siembran únicamente durante las lluvias, mientras que, en la temporada seca la parcela está en descanso y se acumula sobre su superficie rastrojo del cultivo anterior y hojarasca de los árboles que la rodean; el destino de la producción de esta parcela es principalmente para autoconsumo y suministro del Rancho Cuixmala. Debido a que estos sitios aún tienen manejo, fueron catalogados con el grado de perturbación más alto.

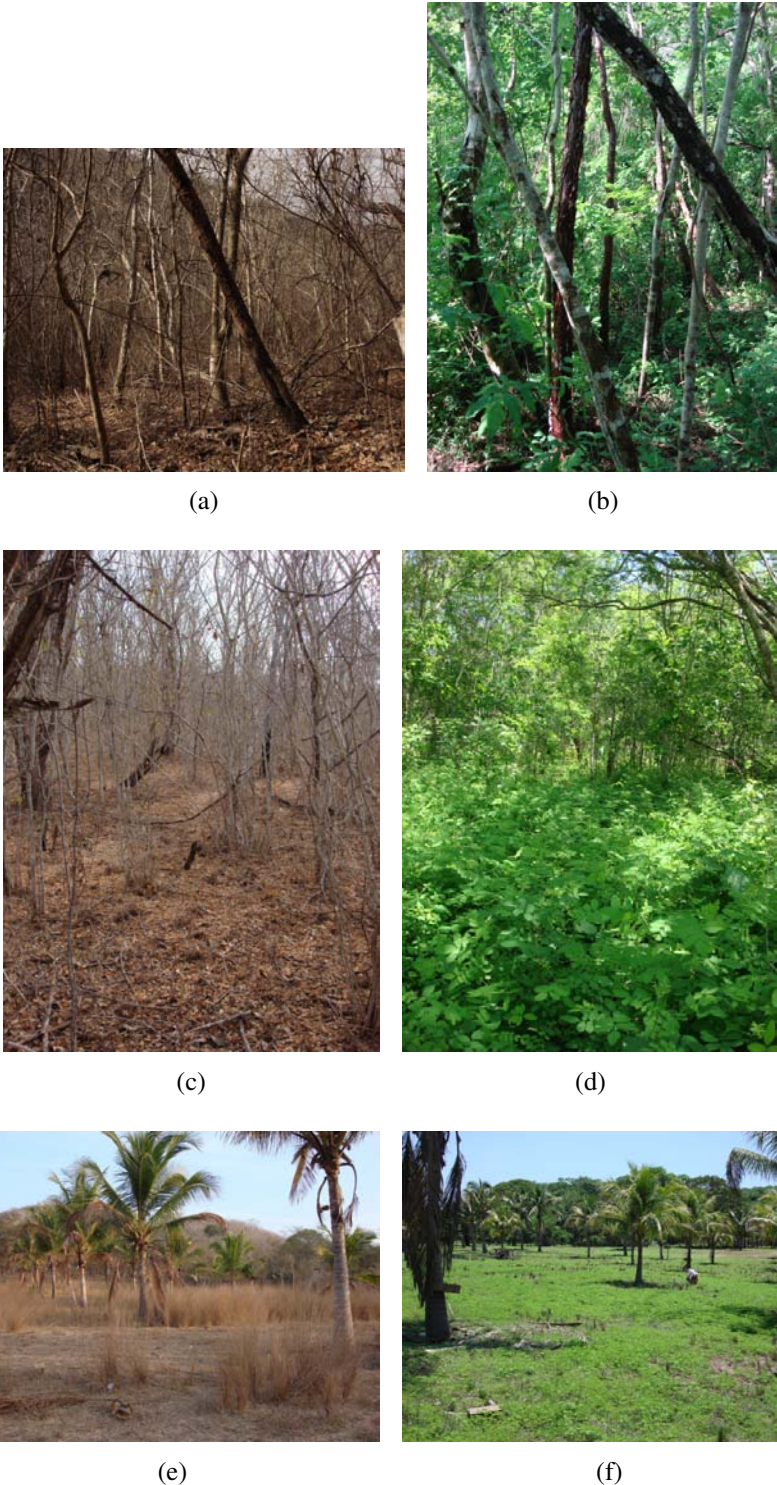


Figura 8.1: Algunos de los sitios seleccionados de selva baja caducifolia, selva secundaria y ambientes con manejo, durante la temporada seca y lluviosa. Selva primaria (a), Selva secundaria (c), y Pastizal inducido (e) para la temporada seca; Selva primaria (b), Selva secundaria (d), y Pastizal inducido (f), para la temporada lluviosa.



### 8.1.2 Muestreo y colecta de especímenes

Se realizaron cuatro muestreos estandarizados durante el año 2008, dos en los meses de abril y mayo durante la temporada seca, y dos en los meses de julio y agosto durante la temporada lluviosa. En cada muestreo se emplearon tres métodos de colecta de hormigas: trampas de caída (pitfall), captura manual y colecta de hojarasca (Fig. 8.3); los métodos utilizados fueron seleccionados del protocolo de muestreo “Ants of the Leaf Litter Protocol” (ALL) propuesto por Agosti y Alonso (2000), para el monitoreo de las hormigas que habitan la interfase hojarasca-suelo. La ventaja de la aplicación de este protocolo es que al ser un método estandarizado implica un menor esfuerzo de muestreo, puede ser aplicado repetidamente en distintos hábitats y temporadas, además, permite establecer una línea base para programas de monitoreo a largo plazo. El ALL está basado en la aplicación de dos métodos de colecta de hormigas: el extractor mini-Winkler y las trampas de caída (Bestelmeyer *et al.*, 2000), y, puede ser complementado con la técnica de captura manual con el fin de muestrear el mayor número de especies de hormigas posible.

Para la colecta de las hormigas se establecieron dos cuadrantes de 60x2 metros en la parte central de cada sitio de estudio, los transectos se colocaron perpendicularmente a una distancia de 20 metros entre sí; en cada transecto se colocaron estacas cada 10 metros para indicar las estaciones de muestreo (Fig 8.2).

#### 8.1.2.1 Captura de hormigas con trampas de caída (pitfall)

En uno de los costados de cada estación de muestreo se colocó al ras del suelo una trampa de caída, elaborada con un recipiente plástico de 10 cm de alto por 9 cm de ancho y capacidad de 500 ml, al que se le agregó una cuarta parte de agua, dos cuartas partes de alcohol étílico al 70%, y aproximadamente 3 ml de jabón líquido biodegradable para disminuir la evaporación de la mezcla. Cada trampa permaneció cerrada por un periodo de 72 horas para disminuir el efecto de escarvamiento y posteriormente se activaron durante 72 horas, después fueron retiradas del lugar y se procesaron para separar las hormigas del resto de la fauna capturada (Fig. 8.3 inciso a y b).

#### 8.1.2.2 Recolecta de hojarasca hormigas con sacos mini-Winkler

Del lado contrario a las trampas de caída se colocó un cuadrante desarmable de pvc de 1 m<sup>2</sup> y se colectó en bolsas de plástico toda la hojarasca contenida dentro de dicho cuadrante. Posteriormente, la hojarasca colectada se pasó a través de un cernidor para separar la fracción pequeña, constituida por materia vegetal fragmentada y pequeños invertebrados, de la grande, constituida por hojas y ramas grandes; la fracción pequeña se colocó dentro de sacos mini-Winkler (confeccionados de acuerdo con las especificaciones de Bestelmeyer *et al.*, 2000), por un período de 72 horas para la extracción de las hormigas (Fig. 8.3 inciso c y d).

### 8.1.2.3 Captura manual

En ocho de los doce puntos de colecta, durante el día dos personas (las mismas para todas las colectas) colectaron por 5 minutos y dentro de un radio de 5 m a la redonda a todas la hormigas visibles sobre la hojarasca, el suelo, la vegetación, las ramas y la base de los troncos de los árboles, así como aquellas que se encontraban dentro de ramas o fragmentos de troncos secos. De acuerdo con las recomendaciones de Sarmiento-M (2003), para la captura de hormigas se emplearon aspiradores, pinzas de metal, pinceles y frascos con alcohol etílico al 70% (Fig. 8.3 inciso e).

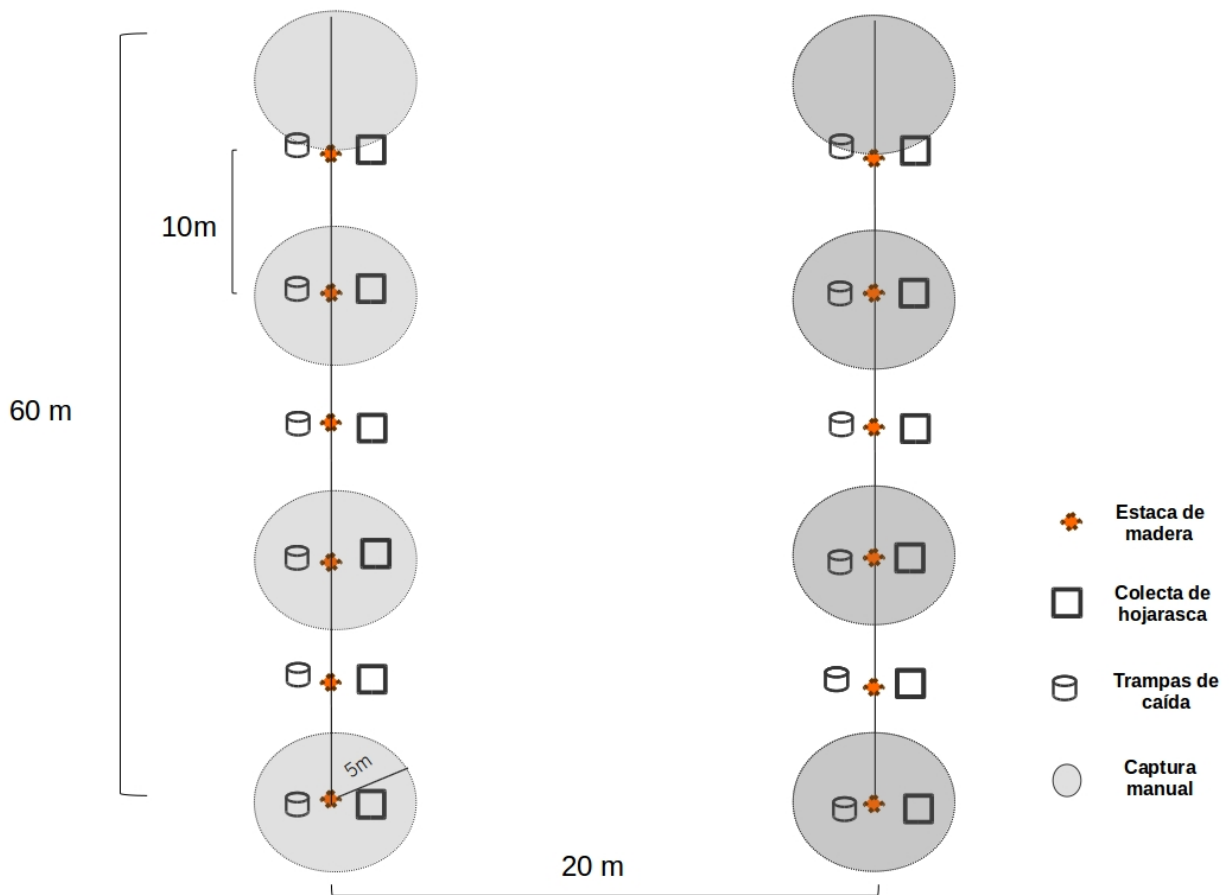


Figura 8.2: Representación gráfica de los cuadrantes y métodos de colecta empleados en el presente estudio.



Figura 8.3: Métodos de colecta de hormigas empleados en el presente trabajo: trampa de caída (pitfall) en secas (a) y lluvias (b), cuadrante desarmable empleado para la obtención de la muestra de hojarasca (c), Sacos mini-Winkler para la extracción de las hormigas capturadas en la hojarasca (d), herramientas empleadas para la captura manual de hormigas (e).

## 8.2 Trabajo de gabinete

### 8.2.1 Separación e identificación de hormigas

Las muestras colectadas en campo fueron procesadas en el laboratorio para su limpieza y separación de las hormigas del resto de invertebrados accidentalmente capturados. Posteriormente, las hormigas colectadas fueron revisadas en seco bajo un microscopio estereoscópico para su separación en morfotipos. La clasificación taxonómica de las hormigas se realizó montando algunos representantes de cada morfotipo en alfileres entomológicos y con la ayuda de claves taxonómicas (Mackay y Mackay, 1989; Bolton 1994; Palacio y Fernández, 2003) se les clasificó en subfamilias y géneros. La revisión, corrección y clasificación de las hormigas a nivel específico fué realizada por la maestra en ciencias Patricia Rojas del laboratorio de Biología de Suelos del Instituto de Ecología de Xalapa (INECOL); parte de los ejemplares colectados fueron depositados en la colección de Formicidae del mismo laboratorio, el resto se depositó en la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., en donde permanecerán en resguardo para futuras consultas.

## 8.3 Análisis de datos

Los resultados reportados en este trabajo fueron obtenidos del análisis realizado a 936 unidades muestrales provenientes de 432 trampas de caída, 288 capturas manuales y 216 colectas de hojarasca, que constituyen el total de muestras obtenidas en este trabajo. A este conjunto de unidades muestrales se les realizó un análisis preliminar, que consistió únicamente en el reconocimiento de los morfotipos y el montaje de algunos de sus representantes para su identificación a especies/morfoespecies; con los datos obtenidos de esta primera revisión se elaboró el listado de las especies.

Posteriormente, se realizó una segunda revisión a 360 unidades muestrales provenientes de 180 trampas de caída y 180 capturas manuales seleccionadas de manera aleatoria, de las cuales, se registraron datos sobre el tipo de ambiente, la temporada y la abundancia absoluta de las especies; con los datos obtenidos de esta segunda revisión se desarrolló el análisis ecológico que incluyó la estimación de la riqueza, composición y diversidad de hormigas.

Las muestras correspondientes a los sacos mini-Winkler, no fueron incluidas en la segunda revisión, debido a la gran cantidad de muestras vacías que se obtuvieron con este método de muestreo lo que podría haber generado un sesgo importante en la interpretación de los resultados; además, la información registrada con esta técnica de muestreo no aportó información relevante para los objetivos de este trabajo.

### 8.3.1 Estimación de la riqueza

La riqueza de hormigas a nivel local, por ambiente y temporada de estudio se reporta como el número de subfamilias, géneros y especies/morfoespecies registradas.

Se realizó una revisión bibliográfica de todos los estudios sobre hormigas desarrollados en la RBCh-C, con las especies reportadas en dichos estudios más los registros del presente trabajo se elaboró el listado actualizado de especies de hormigas para la RBCh-C.

#### 8.3.1.1 Curvas y funciones de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies son una herramienta útil para dar fiabilidad y valorar la calidad de los inventarios biológicos (Soberon y Llorente, 1993); en el presente trabajo, para determinar si el esfuerzo de muestreo aplicado fue el suficiente para obtener una estimación fiable de la riqueza de hormigas de la localidad, por tipo de ambiente y temporada de registro, se construyeron curvas de acumulación de especies a partir de matrices de presencia/ausencia y se ajustaron a éstas los modelos Michaelis-Menten (M-M) y exponencial negativo para determinar la proporción de la fauna registrada de acuerdo con el esfuerzo de muestreo aplicado. Las curvas de acumulación de especies se construyeron con datos de riqueza observada (Sobs) con 100 aleatorizaciones (para proporcionar suavidad a las curvas) obtenidos a través del programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2013); el ajuste de los modelos y la graficación de las curvas se realizó en el ambiente R VX.X a través de su interfaz gráfica RStudio (R Core Team, 2013).

Existen distintos modelos de ajuste a las curvas de acumulación de especies, para el presente trabajo se ajustó la ecuación de Clench y el modelo exponencial negativo por ser funciones asintóticas, a continuación se describe los parámetros considerados en cada modelo:

Modelo de ajuste Michaelis-Menten.

La ecuación Michaelis-Menten que describe la cinética de las reacciones catalizadas por enzimas, la cual supone que la velocidad de reacción disminuye conforme las moléculas de enzima disponibles se van adhiriendo a las moléculas del sustrato y el sistema se va saturando hacia una asíntota marcada por la cantidad de enzimas disponibles (Jimenez-Valverde y Hortal, 2003). De manera similar, ocurre con el proceso de inventariado de especies en un lugar, en que la probabilidad de agregar nuevas especies a un listado aumenta conforme se acumula experiencia en campo en relación al sitio, el grupo de estudio y los métodos de muestreo empleados, hasta alcanzar un límite (Soberon y Llorente, 1993).

Su fórmula matemática es:

$$S_t = at / (1 + bt)$$

Modelo Exponencial Negativo.

Supone que la probabilidad de agregar nuevas especies a un listado disminuye de manera exponencial pero nunca llega a cero, y es recomendada para áreas de muestreo muy amplias o en donde los taxa presentes son poco conocidos (Soberon y Llorente, 1993).

Su formula matemática es:

$$S_t = ab(1 - \exp^{-bt})$$

Para ambos modelos de ajuste:

$S_t$ : número de especies observadas

$a$ : tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario

$b$ : parámetro relacionado con la forma de la curva

$t$ : número de muestras

Soberon y Llorente (1993), también predicen la riqueza total de un sitio como el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota. Para los modelos de ajuste empleados, la asíntota se calcula como la relación  $a/b$  para el caso de Michaelis-Menten y como  $a * b$  en el caso del modelo exponencial negativo.

De acuerdo con Jiménez-Valverde y Hortal (2003), otra forma de saber si un muestreo ha sido lo suficientemente exhaustivo es determinando la pendiente de la curva en determinado esfuerzo de muestreo, conforme la pendiente va disminuyendo es necesario un esfuerzo de muestreo cada vez mayor para añadir un número significativo de especies al inventario, de manera que, el balance entre aplicar esfuerzo de muestreo adicional para registrar cierto número de nuevas especies se va haciendo cada vez menos favorable, por lo que se puede establecer que un inventariado es suficientemente fiable cuando la pendiente de la curva se hace aproximadamente  $<0.1$ ; para determinar la pendiente de la curva en determinado esfuerzo de muestreo se emplea la siguiente función:

$$dS_n = a/(1 + bn)^2$$

donde:

$dS_n$ : es la derivada de la curva para “n” esfuerzo de colecta

$a$  y  $b$ : parámetros constantes

$n$ : determinado esfuerzo de colecta

### 8.3.1.2 Estimadores no paramétricos de la riqueza

Para estimar la riqueza máxima esperada de acuerdo con el esfuerzo de muestreo aplicado en el presente trabajo, se aplicaron los estimadores no paramétricos ICE y Chao2, los cuales, asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado (Moreno, 2001). Éstos estimadores son empleados cuando se dispone sólo de datos de presencia-ausencia y se basan principalmente en el número de especies de un muestreo que sólo están presentes en una o dos muestras (únicos y duplicados); cuando hay un registro alto de “únicos” en un muestreo se puede suponer que éste no ha sido lo suficientemente exhaustivo y por ende el inventario de las especies es incompleto (Longino, 2000; Moreno, 2001; Colwell y Coddington, 1994; Magurran, 2004; Colwell *et al.*, 2004).

ICE (Incidence-based Coverage Estimator).

Es un estimador de cobertura basado en datos de incidencia, el cual, considera a las especies presentes en  $\leq 10$  unidades muestrales.

$$S_{ICE} = S_{freq} + S_{infr}/C_{ICE} + Q_1/C_{ICE} \gamma_{ICE}^2$$

donde:

$S_{infr}$  = número de especies infrecuentes (encontradas en  $\leq 10$  muestras)

$S_{freq}$  = número de especies comunes (encontradas en  $> 10$  muestras)

$m_{infr}$  = número de muestras con al menos una especie infrecuentes

$N_{infr}$  = número total de ocurrencias de especies infrecuentes

$Q_j$  = número de especies que ocurren en “j” muestras

$Q_1$  = número de especies únicas

$$C_{ICE} = 1 - Q_1/N_{infr}$$

$$\gamma_{ICE}^2 = \max\{S_{infr}/C_{ICE} m_{infr} / (m_{infr}^{-1})^{10} \sum_{i=j} i(i-1)F_i / (N_{infr})^2 - 1, 0\}$$

Chao 2.

$$S_{Chao2} = S_{obs} + Q_1^2/2Q_2$$

donde:

$Q_1$  = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)

$Q_2$  = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras

### 8.3.2 Estimación de la abundancia

Las hormigas son organismos eusociales que presentan un patrón de distribución altamente agregado por lo que la probabilidad de capturar colonias completas o porciones de sus colonias es muy alta, la estimación de la abundancia de las especies de hormigas puede resultar sesgada si se determina a través de la abundancia absoluta de las especies ya que una especie puede ser considerada con alta abundancia si en un sitio se capturan la mayoría de los individuos de su colonia a pesar de que en realidad se trate de una especie muy poco frecuente en ese lugar (Longino, 2000). Para evitar sesgos en las estimaciones de la abundancia de las especies, en este trabajo se emplean las frecuencias de captura en lugar de la abundancia absoluta de las especies; las frecuencias de captura se reportan como: frecuencia de ocurrencia y frecuencia relativa, cuya estimación se obtiene de la siguiente manera (Rojas com. pers.):

#### 8.3.2.1 Frecuencia de ocurrencia (F.O.)

Es la frecuencia de captura de cada especie en relación al esfuerzo de colecta aplicado, se calcula de la siguiente manera:

$$F.O. = (n/N)100$$

donde:

$n$ = número total de eventos de captura de cada especie

$N$ = número total de unidades de muestreo

#### 8.3.2.2 Frecuencia relativa (F.R.)

Es la frecuencia de captura de cada especie en relación a la frecuencia de captura del resto de las especies, se calcula de la siguiente manera:

$$F.R. = (n/N)100$$

donde:

$n$  =número total de eventos de captura de cada especie

$N$ =número total de capturas

### 8.3.3 Estimación de la diversidad alfa

Entre ambientes y temporadas de estudio la diversidad alfa se reporta mediante el índice de Shannon  $H'$ , el cual, se calcula de la siguiente manera:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

donde:

$p_i$ : es la proporción de individuos de la  $i$ -ésima especie, valor que se estima de la relación  $n_i/N$



$n_i$  es el número de individuos de la  $i$ -ésima especie

$N$  el número total de individuos en la muestra.

Para determinar si la abundancia de las especies entre ambientes y temporadas es similar, se calculó el índice de equidad de Pielou  $J'$ , el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada; su valor va de 0 a 1, de forma que 1 se presenta cuando todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 2004); el índice de equidad de Pielou se calculó de la siguiente manera:

$$J' = (H'/H_{max} = H'/\ln(S))$$

donde:

$S$ : es la riqueza de especies estimada como el número total de especies en la muestra.

### 8.3.4 Estimación de la diversidad beta

#### 8.3.4.1 Índices de similitud/dismilitud

Los índices de similitud/disimilitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta (Moreno, 2001). Para determinar el nivel de semejanza entre los sitios, ambientes y temporadas de estudio de acuerdo con su composición de especies se calculó el índice de Jaccard (Moreno, 2001); con los resultados obtenidos se construyeron dendogramas de similitud con el método de agrupamiento jerárquico de promedios no ponderados (UPGMA) mediante el programa R.

El índice de similitud/disimilitud de Jaccard se calculó con la siguiente fórmula:

$$I(J) = c/(a + b + c)$$

donde:  $a$ = número de especies presentes en el sitio A

$b$ = número de especies presentes en el sitio B

$c$ = número de especies compartidas entre sitios A y B

La disimilitud entre muestras se calculó como  $d = 1 - s$ ,

donde:

$s$ = índice de Jaccard.

#### 8.3.4.2 Índices de recambio de especies

Para medir el reemplazo de especies entre ambientes y temporadas se calculó el índice de Whittaker que es uno de los más robustos para medir el reemplazo entre comunidades, éste índice a partir de la presencia-ausencia de las especies en un conjunto de muestras contrasta el promedio de número de especies por muestra contra el número total de especies, se calcula de la siguiente manera:

$$\beta = S/\alpha - 1$$

donde:

$S$ = número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gamma)  $\alpha$ =número promedio de especies en las muestras (alfa promedio).

### 8.3.5 Pruebas estadísticas

Para agrupar la abundancia de las especies de hormigas se aplicó un análisis de conglomerados de  $K$  medias con el que se definieron tres grupos o niveles de abundancia, en los que los valores de las F.O. y F.R. fueron agrupados; el nivel de abundancia de cada especie de hormiga determinado a partir de los grupos de  $K$  medias definidos son los siguientes: 1= abundancia baja, 2= abundancia intermedia y 3= abundancia alta. Los valores de las medias o centroides para cada grupo se reportan en la parte de los resultados.

Para determinar si existe efecto del ambiente y la temporada sobre las variables de respuesta medidas, se probaron los supuestos de normalidad y homoscedasticidad de los datos y se aplicaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) con efectos fijos (Zar, 2010; Montgomery, 2004); para los casos en los que se encontró un efecto significativo de uno o ambos factores, se aplicaron pruebas de  $t$  con la finalidad de identificar los niveles en los que las diferencias eran significativas.

El tratamiento y manejo de los datos, así como, todas las pruebas estadísticas aplicadas fueron realizadas con el lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico R, a través de la interfaz gráfica RStudio.

# Resultados

## 9.1 Descripción de la mirmecofauna capturada en la localidad

### 9.1.1 Listado de hormigas registradas en el presente estudio

En el análisis preliminar se reconocieron en total 65 especies/morfoespecies, 32 géneros y 7 subfamilias de hormigas, las cuales, se enlistan en el Cuadro 9.1 con la nomenclatura y orden filogenético propuesto por Bolton (2003). Con el superíndice “nr”, se indica a las especies/morfoespecies de hormigas que no se registraron en la segunda revisión, en la que se contabilizó un total de 4 764 hormigas de la casta de las obreras, agrupadas en 53 especies/morfoespecies, 27 géneros y 7 subfamilias, valores que equivalen a un registró del 81.5% de la especies, 84% de los géneros y el 100% de las subfamilias registradas en la primera revisión.

Cuadro 9.1: Listado de las hormigas registradas en el presente trabajo. El superíndice <sup>nr</sup> indica a las especies/morfoespecies no registradas en la segunda revisión.

Subfamilia	Especie	# individuos
Dolichoderinae	<i>Azteca sp.</i>	203
	<i>Dorymyrmex sp. 1</i>	20
	<i>Dorymyrmex sp. 2</i>	24
	<i>Forelius sp.</i>	1464
	<i>Tapinoma sp. 1</i>	207
	<i>Tapinoma sp.2</i>	142
	Formicinae	<i>Brachymyrmex sp.</i>
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille 1802)		76
<i>Camponotus planatus</i> Roger 1863 <sup>nr</sup>		

Continúa en la página siguiente.

## 9.1. DESCRIPCIÓN DE LA MIRMECOFAUNA CAPTURADA EN LA LOCALIDAD 43

Subfamilia	Especie	# individuos
	<i>Camponotus sp. 1</i>	11
	<i>Camponotus sp. 2<sup>nr</sup></i>	
	<i>Camponotus sp. 3</i>	9
	<i>Camponotus sp. 4</i>	55
	<i>Camponotus sp. 5</i>	17
	<i>Camponotus sp. 6<sup>nr</sup></i>	
	<i>Camponotus sp. 7<sup>nr</sup></i>	
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	10
	<i>Pseudomyrmex sp. 2<sup>nr</sup></i>	
	<i>Pseudomyrmex sp. 3</i>	15
	<i>Pseudomyrmex sp. 4</i>	2
	<i>Pseudomyrmex sp. 5</i>	2
Ecitoninae	<i>Eciton sp.</i>	1
	<i>Labidus coecus</i> (Latreille 1802) <sup>nr</sup>	
	<i>Neivamyrmex sp. 1</i>	20
	<i>Neivamyrmex sp. 2</i>	48
Ponerinae	<i>Hypoponera punctatissima</i> (Roger 1859) <sup>nr</sup>	
	<i>Leptogenys wheeleri</i> Forel 1901 <sup>nr</sup>	
	<i>Odontomachus laticeps</i> Roger 1861 <sup>nr</sup>	
	<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius 1804)	1
	<i>Platythyrea punctata</i> (Smith F. 1858)	2
Ectatomminae	<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger 1860)	111
	<i>Gnamptogenys aff. striatula</i>	9
Myrmicinae	<i>Cephalotes sp. 1</i>	102
	<i>Cephalotes sp. 2</i>	2
	<i>Cephalotes sp. 3</i>	1
	<i>Cephalotes sp. 4</i>	33
	<i>Acromyrmex sp.</i>	28
	<i>Atta mexicana</i> (Smith F. 1858)	38
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola 1851)	8
	<i>Trachymyrmex sp. 1</i>	16
	<i>Trachymyrmex sp. 2<sup>nr</sup></i>	
	<i>Carebara sp.<sup>nr</sup></i>	
	<i>Monomorium ebeninum</i> Forel 1891	31

Continúa en la página siguiente.

Subfamilia	Especie	# individuos
	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon 1851)	17
	<i>Solenopsis (Diplorhoptrum) sp.</i>	2
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius 1804)	207
	<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith F. 1851)	129
	<i>Tetramorium spinosum</i> (Pergande 1896)	27
	<i>Tetramorium aff. spinosum</i>	26
	<i>Aphaenogaster sp.</i>	93
	<i>Pheidole sp. 1</i>	202
	<i>Pheidole sp. 2</i>	7
	<i>Pheidole sp. 3</i>	14
	<i>Pheidole sp. 4</i>	140
	<i>Pheidole sp. 5</i>	97
	<i>Pheidole sp. 6</i>	1
	<i>Pheidole sp. 7</i>	28
	<i>Pheidole sp. 8</i>	1
	<i>Pheidole sp. 9</i>	170
	<i>Crematogaster sp. 1</i>	3
	<i>Crematogaster sp. 2</i>	29
	<i>Crematogaster sp. 3<sup>nr</sup></i>	
	<i>Crematogaster sp. 4</i>	1
	<i>Nesomyrmex pittieri</i> (Forel 1899)	117
	<i>Temnothorax subditivus</i> (Wheeler W.M. 1903)	5

### 9.1.2 Listado de hormigas para la RBCh-C

En el Cuadro 9.2 se presenta el listado actualizado de las especies de hormigas reconocidas con nombre específico para la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCh-C), reportadas en distintos trabajos y publicaciones, las especies se enlistan por orden alfabético con base en la nomenclatura y clasificación propuesta por Bolton *et al.* (2006); se incluyen: 7 subfamilias, 25 géneros y 45 especies de hormigas, 13 de las cuales, así como los géneros *Nesomyrmex* y *Leptogenys*, son aportes del presente trabajo como nuevos registros para la localidad.

## 9.1. DESCRIPCIÓN DE LA MIRMECOFAUNA CAPTURADA EN LA LOCALIDAD 45

Cuadro 9.2: Listado actualizado de las especies de hormigas reconocidas a nivel específico de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Las especies marcadas con el superíndice <sup>subsp</sup> están referidas a nivel subespecífico por Vásquez-Bolaños y Navarrete-Heredia (2004); las especies en negritas corresponden a los nuevos registros para la localidad, producto de este trabajo.

Subfamilia	Especie	Reportado por:
Dolichoderinae	<i>Forelius keferi</i> Wheeler, 1934 <i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	Castaño-Meneses, 2014 Castaño-Meneses, 2014
Ecitoninae	<i>Eciton burchellii parvispinum</i> Forel, 1899 <sup>subsp</sup> <i>Eciton mexicanum mexicanum</i> Roger, 1863 <sup>subsp</sup> <i>Eciton vagans angustatum</i> Roger, 1863 <sup>subsp</sup> <i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802) <i>Neivamyrmex agilis</i> Borgmeier, 1953 <i>Neivamyrmex andrei</i> (Emery, 1901) <i>Neivamyrmex chamelensis</i> Watkins, 1986  <i>Neivamyrmex cornutus</i> Watkins, 1975 <i>Neivamyrmex fallax</i> Borgmeier, 1953 <i>Neivamyrmex graciellae</i> (Mann, 1926) <i>Neivamyrmex harrisii</i> (Haldeman, 1852) <i>Neivamyrmex melanocephalus</i> (Emery, 1895) <i>Neivamyrmex opacithorax</i> (Emery, 1894) <i>Neivamyrmex pilosus mandibularis</i> (Smith, M.R., 1942) <sup>subsp</sup> <i>Neivamyrmex rugulosus</i> Borgmeier, 1953 <i>Neivamyrmex swaisonii</i> (Shuckard, 1840) <i>Nomamyrmex esenbeckii mordax</i> (Santschi, 1929) <sup>subsp</sup>	Watkins, 1988; Mercado, 1994; Castaño-Meneses, 1997; Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004 Watkins, 1988; Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004 Watkins, 1988; Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004 Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1997; Presente trabajo Watkins, 1988; Mercado, 1994 Watkins, 1988 Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1997; Castaño-Meneses, 2014 Watkins, 1988; Mercado, 1994 Mercado, 1994 Watkins, 1988; Castaño-Meneses, 1994 Watkins, 1988; Mercado, 1994 Mercado, 1994; Castaño-Meneses, 1997 Watkins, 1988; Mercado, 1994 Watkins, 1988; Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004 Watkins, 1988 Watkins, 1988 Watkins, 1988; Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredia, 2004
Ectatomminae	<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	Castaño-Meneses, 1997; Presente trabajo
Formicinae	<b><i>Camponotus planatus</i></b> Roger, 1863 <b><i>Paratrechina longicornis</i></b> (Latreille, 1802)	Presente trabajo Presente trabajo
Myrmicinae	<i>Atta mexicana</i> (Smith, F., 1858) <i>Cephalotes multispinosus</i> (Norton, 1868) <i>Crematogaster brevispinosa</i> Mayr, 1870 <i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862 <i>Crematogaster sumichrasti</i> Mayr, 1870 <b><i>Cyphomyrmex rimosus</i></b> (Spinola, 1851) <b><i>Monomorium ebeninum</i></b> Forel, 1891 <b><i>Monomorium floricola</i></b> (Jerdon, 1851) <b><i>Nesomyrmex pütleri</i></b> (Forel, 1899) <i>Pheidole titanis</i> Wheeler, W.M., 1903 <i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804) <b><i>Temnothorax subditivus</i></b> (Wheeler, W.M., 1903) <b><i>Tetramorium simillimum</i></b> (Smith, F., 1851) <b><i>Tretamorium spinosum</i></b> (Pergande, 1896)	Mercado, 1994; Castaño-Meneses, 1997; Presente trabajo Castaño-Meneses, 1994 Castaño-Meneses, 1994; 1997 Castaño-Meneses, 2014 Castaño-Meneses, 1994; 1997 Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo Rodríguez-Palafox y Corona, 2002 Castaño-Meneses, 2014; Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo
Ponerinae	<b><i>Hypoponera punctatissima</i></b> (Roger, 1859) <b><i>Leptogenys wheeleri</i></b> Forel, 1901 <b><i>Odontomachus laticeps</i></b> Roger, 1861 <i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804) <b><i>Platythyrea punctata</i></b> (Smith, F., 1858)	Presente trabajo Presente trabajo Presente trabajo Castaño-Meneses, 1994; Presente trabajo Presente trabajo
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804) <i>Pseudomyrmex major</i> (Forel, 1899) <i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, F., 1855) <i>Pseudomyrmex unicolor</i> (Smith, F., 1855)	Castaño-Meneses, 1994 Castaño-Meneses, 1994 Castaño-Meneses, 1994 Castaño-Meneses, 1994

### 9.1.3 Riqueza

#### 9.1.3.1 Subfamilias

En la localidad se registró un total de 7 subfamilias de hormigas, la mejor representada es Myrmicinae con 14 géneros y 33 especies, a ésta le siguen en orden de importancia, Formicinae con 3 géneros y 10 especies, Dolichoderinae con 4 géneros y 6 especies, Ponerinae con 5 géneros y 5 especies, Ectoninae con 3 géneros y 3 especies, Pseudomyrmecinae con 1 género y 5 especies, y por último, Ectatomminae representada sólo por 2 géneros y 2 especies (Fig. 9.1, inciso a y b).

#### 9.1.3.2 Géneros

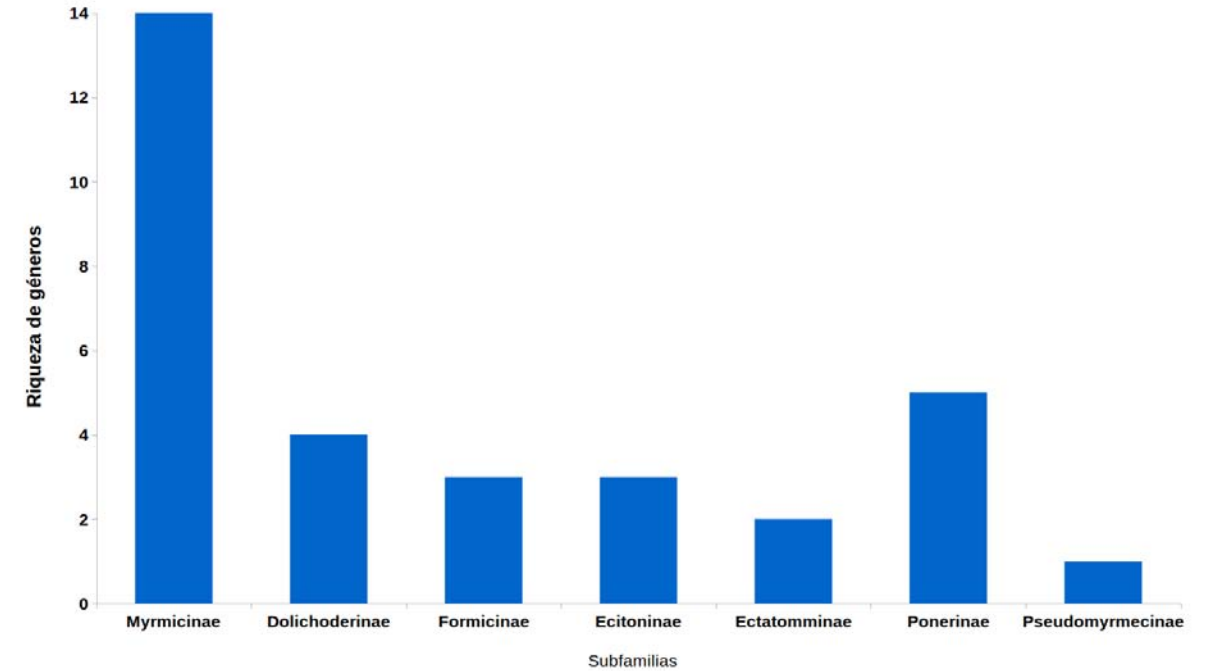
En la Fig. 9.2, se muestra la riqueza de especies de los géneros registrados en la localidad, los más ricos corresponden a *Pheidole* y *Camponotus*, con 9 y 8 especies respectivamente; en conjunto concentran al 26.15% de las especies registradas en este trabajo. Con una riqueza intermedia, se agrupan los géneros *Pseudomyrmex* con 5 especies, *Crematogaster* y *Cephalotes* con 4 especies, y, *Tetramorium* con 3 especies, que corresponden al 24.61% de las hormigas registradas. Los 26 géneros restantes, incluyen al 49.23% de las especies y presentan el menor nivel de riqueza al estar cada uno de ellos representado por 1 o 2 especies.

#### 9.1.3.3 Especies

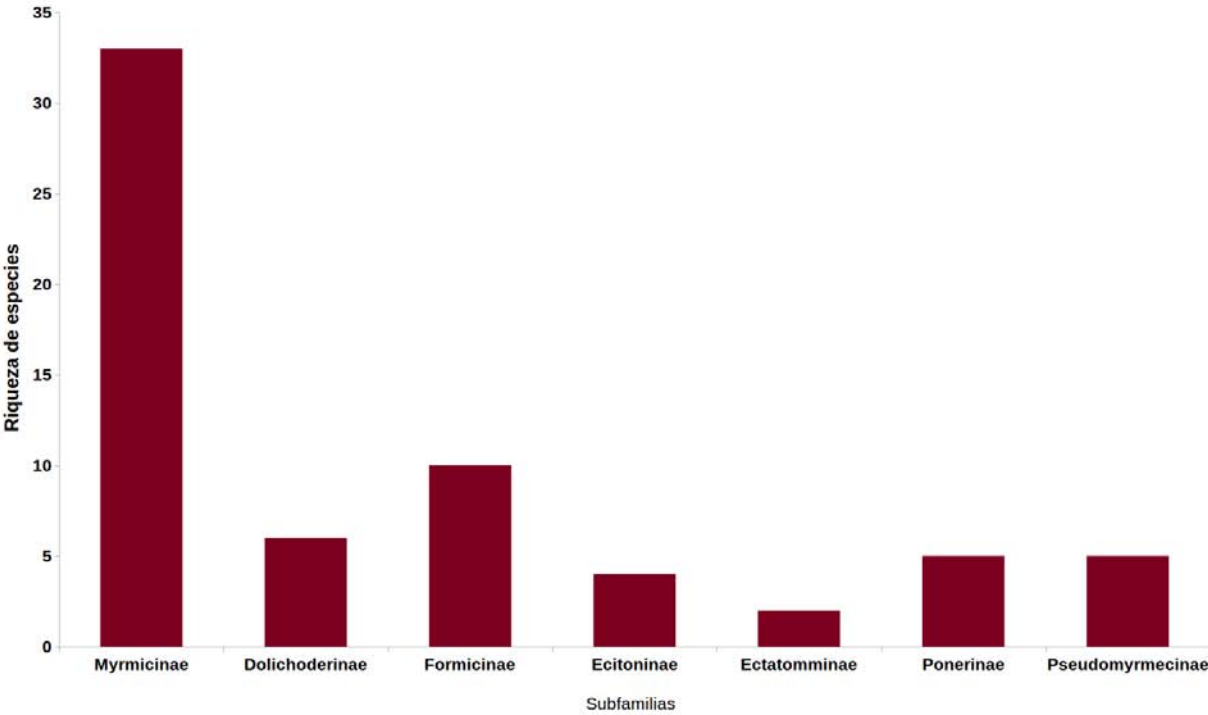
Las 53 especies/morfoespecies de hormigas registradas con un esfuerzo de colecta de 360 unidades muestrales representan el 93% de la riqueza estimada por la función de ajuste Michaelis-Menten (M-M=57 especies) que resultó con el mejor ajuste a los datos (Cuadro 9.3 y Fig. 9.3 inciso a).

Tanto los estimadores no paramétricos (ICE=57, Chao2=56) como la función de ajuste M-M estiman valores de riqueza muy similares que varían por  $\pm 1$  especie y que no están muy lejos del valor de riqueza observada. Asimismo, la curva de acumulación de especies comienza a mostrar una leve inclinación a partir de las 300-330 unidades muestrales como lo indica el valor de la pendiente en ambos puntos (0.0194 y 0.0164, respectivamente) que es menor a 0.1 (Cuadro 9.3 y Fig. 9.3 inciso b).

Jimenez-Valverde y Hortal (2003) sugieren que un valor  $<0.1$  de la pendiente de la curva es un indicador de que un inventario puede considerarse lo suficientemente fiable y representativo a pesar de que esté incompleto. En este caso, el inventario de la riqueza de hormigas en toda el área de estudio se considera aún incompleto debido a la presencia de un alto número de especies raras “únicos” (7) y “duplicados” (9), y a que el valor de la riqueza observada está por debajo de los valores de riqueza estimados (Fig. 9.3 inciso b).



(a)



(b)

Figura 9.1: Riqueza total de (a) géneros y (b) especies de hormigas registrados por subfamilia en el presente trabajo.



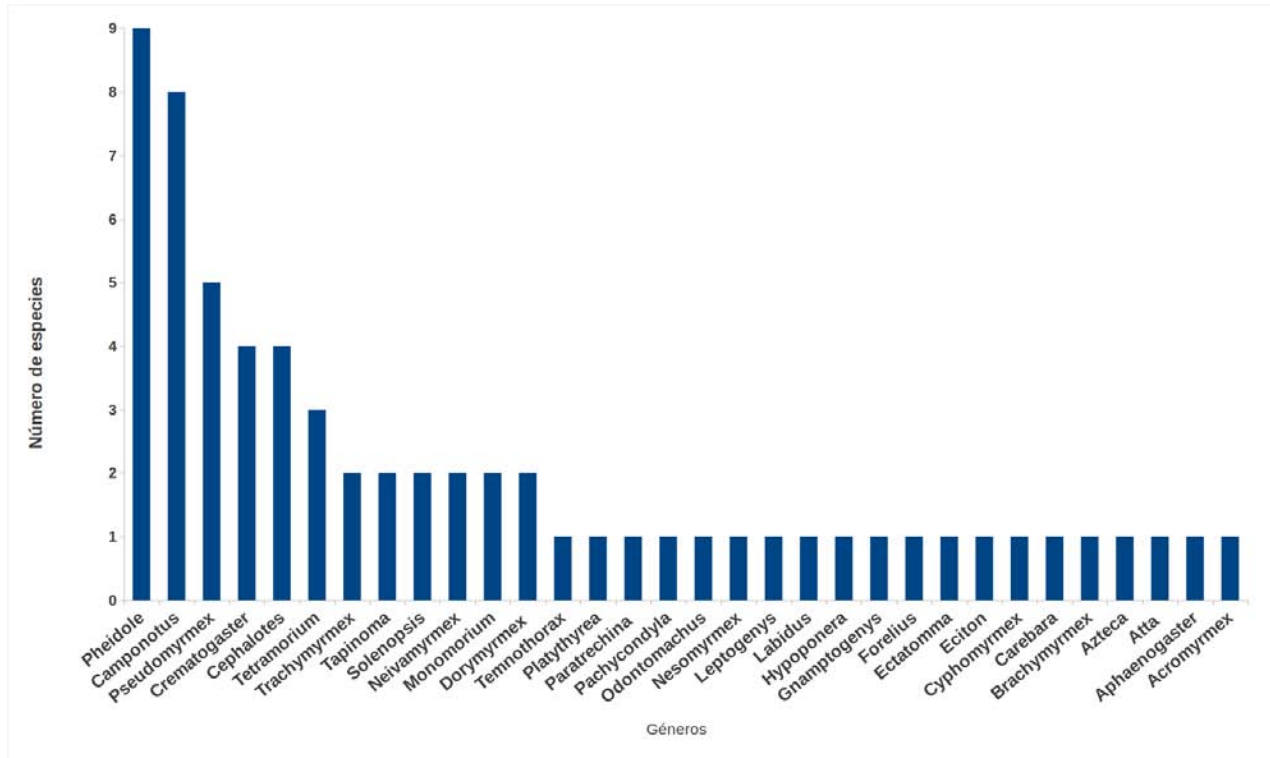


Figura 9.2: Riqueza de especies de los géneros de hormigas registrados en la localidad en el presente trabajo.

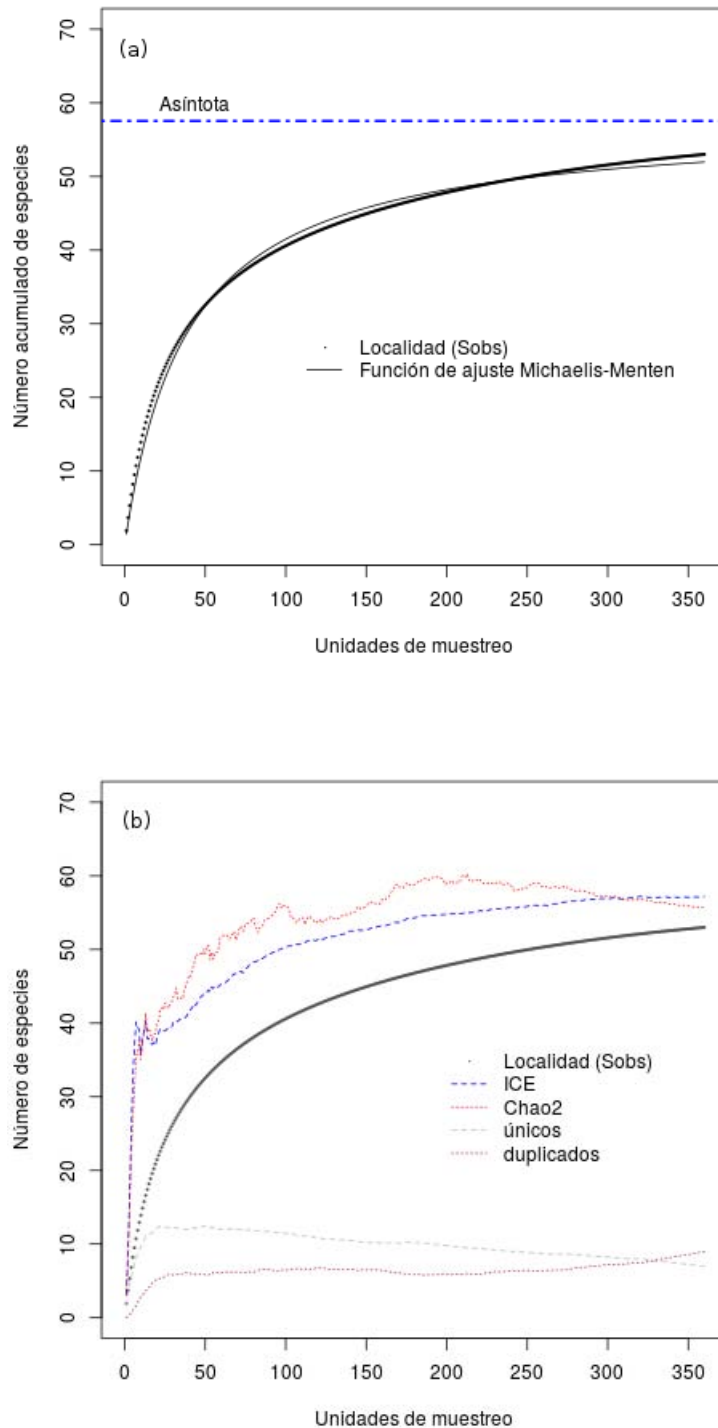


Figura 9.3: Riqueza observada y estimada por el modelo de ajuste Michaelis Menten y los estimadores no paramétricos para toda el área de estudio. En el inciso a, se muestra la curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, así como la curva ajustada y la asíntota predicha por la función de ajuste M-M. En el inciso b, se muestra la riqueza estimada por los indicadores no paramétricos: ICE y Chao2 y el número de especies raras.

Cuadro 9.3: Parámetros estimados de las funciones de ajuste Michaelis-Menten y exponencial negativo para la riqueza total de hormigas registrada en toda el área de estudio del presente trabajo.

Localidad	Exponencial Negativo				Michaelis-Menten			
	$r^2$	a	b	asíntota (a*b)	$r^2$	a	b	asíntota (a/b)
	0.975	2570.765	0.019	50	0.997	1.487	0.026	57

## 9.2 Descripción y comparación de la mirmecofauna por tipo de ambiente y temporada de estudio

A continuación se describe y compara la riqueza, diversidad, composición de especies y grupos funcionales de hormigas por y entre tipo de ambiente y temporada de estudio. La riqueza de hormigas se reporta como el número de subfamilias, géneros y especies/morfoespecies registradas, la abundancia se reporta como la frecuencia de captura de cada especie, la diversidad se reporta mediante los índices de diversidad de Shannon, Whittaker, y equidad de Pielou.

### 9.2.1 Riqueza

En las Figs. 9.4 y 9.11, se observa que la mayor riqueza de hormigas corresponde a la selva primaria, con una riqueza intermedia se ubica la selva secundaria, y la menor riqueza de hormigas se presenta en los ambientes con manejo; asimismo, la riqueza durante la temporada lluviosa es mayor a la de la temporada seca.

#### 9.2.1.1 Subfamilias

En la Fig. 9.5 se reporta la riqueza de géneros (inciso a) y especies (inciso b) de las subfamilias de hormigas registradas por ambiente y temporada de estudio. La selva primaria registra 7 subfamilias, la riqueza más alta corresponde a la subfamilia Myrmicinae con 10 géneros y 23 especies, a esta le siguen, Formicinae con 2 géneros y 5 especies y Dolichoderinae con 3 géneros y 3 especies. Las subfamilias Ecitoninae, Ectatomminae y Ponerinae tienen una riqueza intermedia al presentar una riqueza de 2 géneros y 2 especies cada una, mientras que la subfamilia menos representada es Pseudomyrmecinae con 4 especies pertenecientes a un sólo género.

En la selva secundaria también están representadas las 7 subfamilias de hormigas registradas en la localidad y con un patrón de riqueza similar al de la selva primaria. Las dos subfamilias mejor representadas son: Myrmicinae con 8 géneros y 14 especies, y Formicinae con 2 géneros y 5 especies. Con una riqueza intermedia se ubican las subfamilias Ectatomminae con 2 géneros y 2 especies, y Dolichoderinae, con 3 géneros y 3 especies. De igual manera que en la selva primaria, la

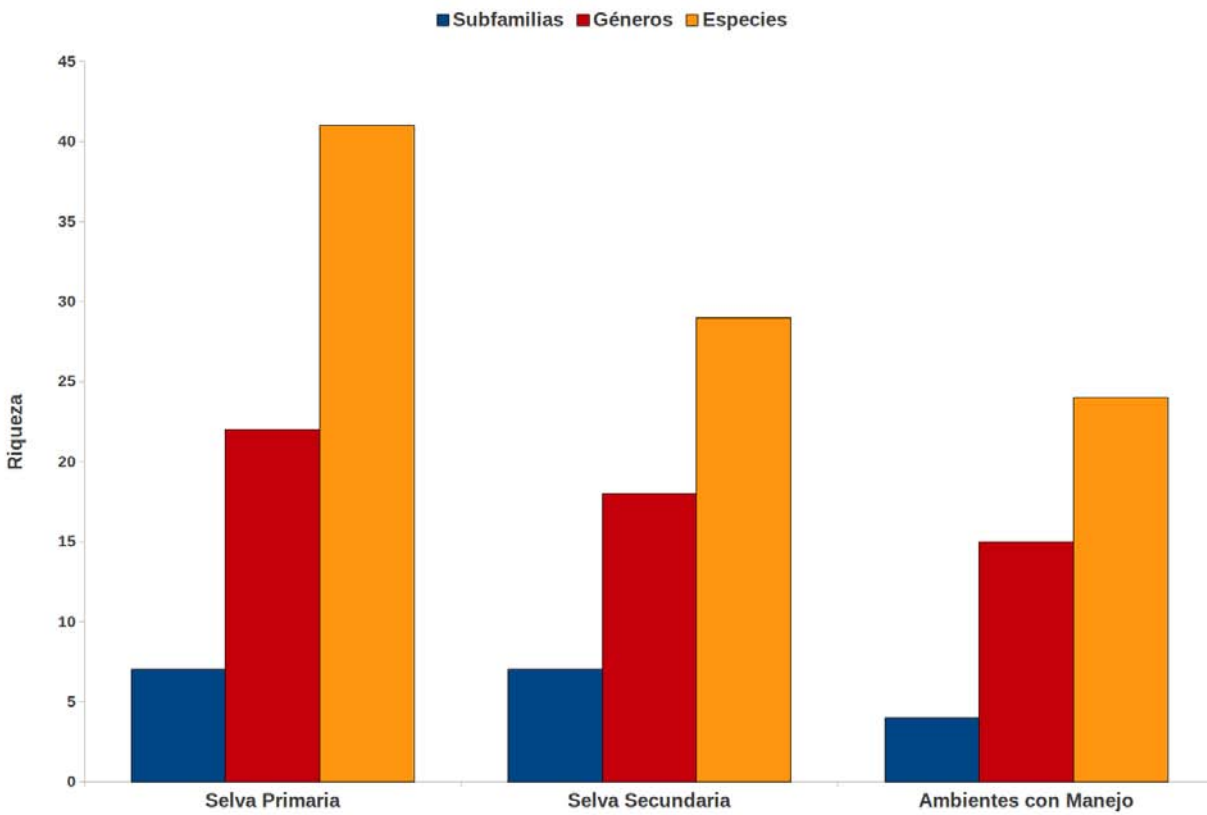


Figura 9.4: Riqueza de subfamilias, géneros y especies de hormigas registradas por ambiente

subfamilia Pseudomyrmecinae, presenta la menor riqueza al estar representada por sólo un género y 3 especies.

En los ambientes con manejo se registraron sólo 4 de las siete subfamilias de hormigas registradas en el estudio, de éstas, las subfamilias Myrmicinae con 8 géneros y 15 especies, y Dolichoderinae con 4 géneros y 6 especies, son las que presentan la mayor riqueza. En orden de representación, sigue la subfamilia Formicinae con 2 géneros y 2 especies, mientras que la subfamilia Ectatomminae presenta la menor riqueza en este ambiente al estar representada por sólo un género y una especie.

Entre temporadas de estudio la estación seca registró una riqueza de 7 subfamilias y la estación lluviosa sólo 6, faltando el registro de la subfamilia Ponerinae; el patrón de riqueza entre las subfamilias por temporada resultó ser muy similar, con excepción de la subfamilia Myrmicinae cuya riqueza de especies es más alta durante la temporada lluviosa.

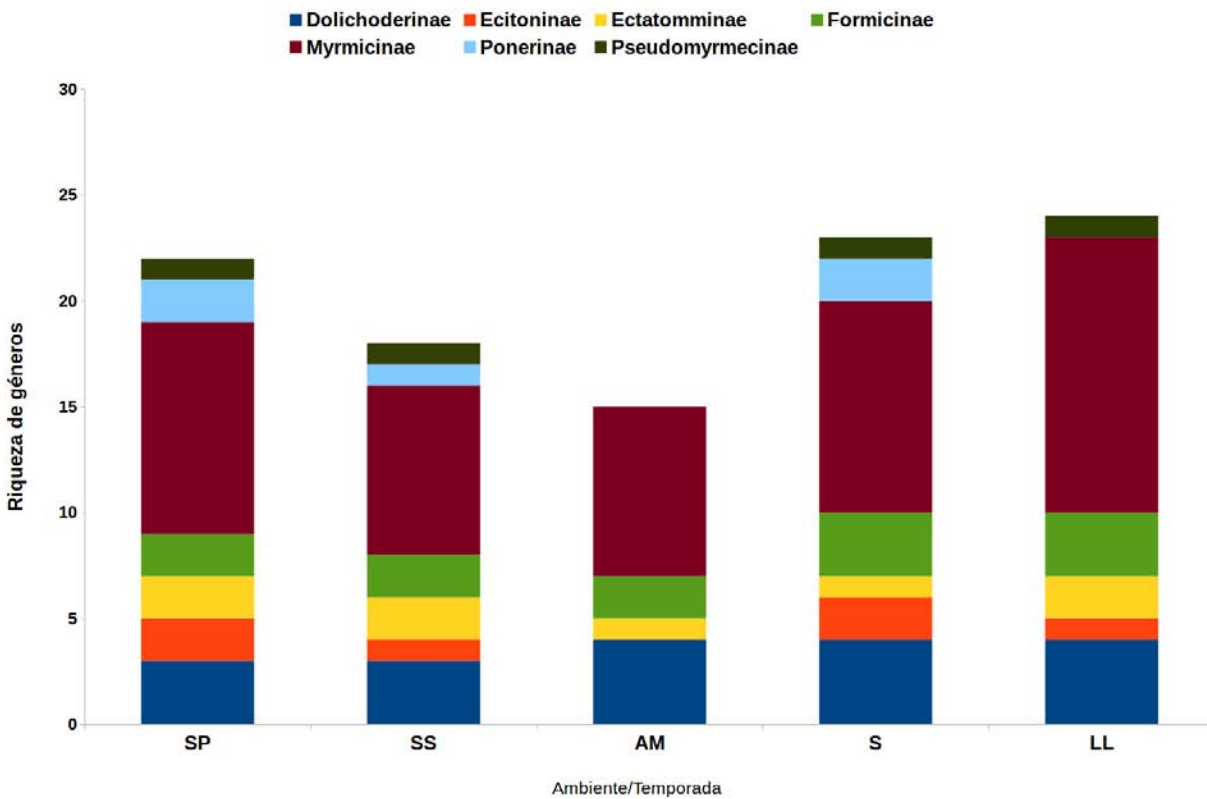
### 9.2.1.2 Géneros

En la selva primaria se encontraron 22 géneros, siendo *Eciton*, *Acromyrmex* y *Pachycondyla* exclusivos a este ambiente (Cuadro 9.4); el género mejor representado es *Pheidole*, con 9 especies; otros géneros también bien representados son: *Camponotus*, *Pseudomyrmex*, *Cephalotes* y *Crematogaster* (Cuadro 9.5).

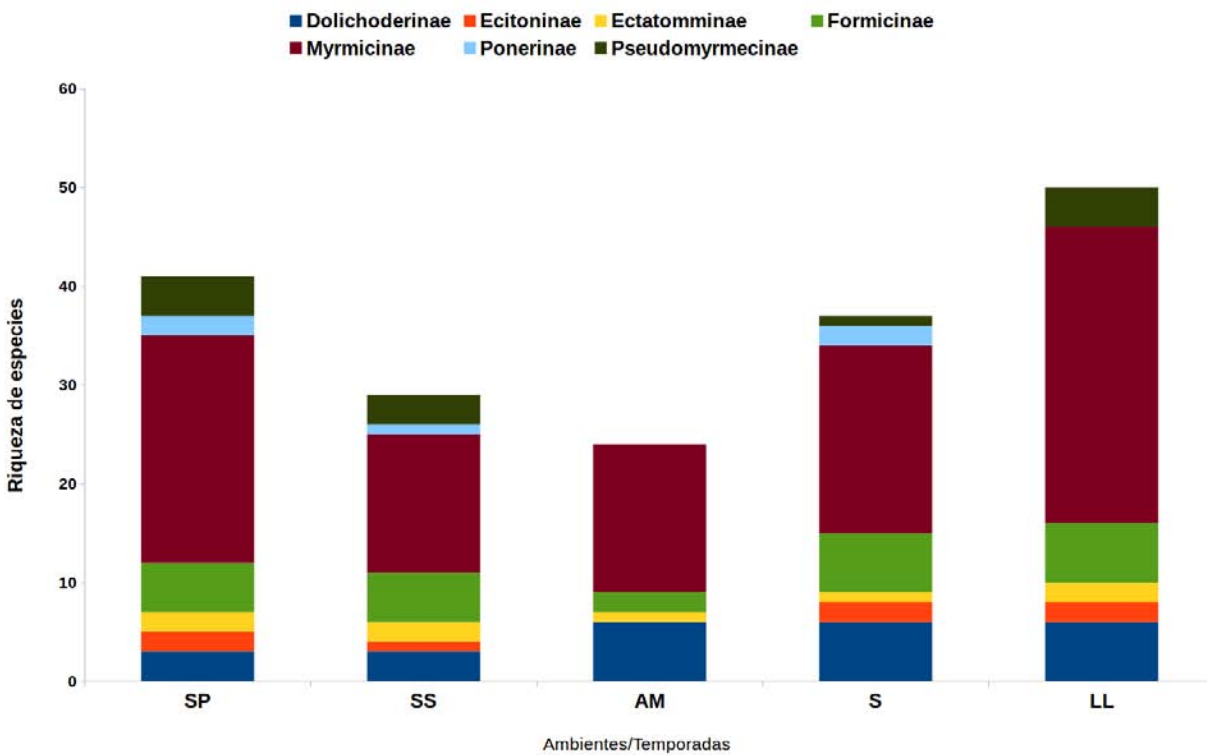
En la selva secundaria se registraron 18 géneros, de los cuales, el género *Trachymyrmex* es exclusivo (Cuadro 9.4); algunos de los géneros que están bien representados en la selva primaria también lo están en este ambiente, como en el caso de *Pheidole* con 5 especies, *Camponotus* con 4 especies, *Cephalotes* y *Pseudomyrmex* con 3 especies cada uno (Cuadro 9.5).

En los ambientes con manejo, se registraron en total 15 géneros, de los cuales, *Dorymyrmex*, *Paratrechina* y *Monomorium* son exclusivos (Cuadro 9.4); los géneros mejor representados en este ambiente son: *Pheidole* con 5 especies y *Tetramorium* con 3 especies. La mayoría de los géneros restantes, se encuentran representados por una especie, con excepción de, *Monomorium*, *Tapinoma* y *Dorymyrmex* (Cuadro 9.5).

De los 27 géneros registrados en el estudio, 23 tienen registro en la temporada seca y 24 en la temporada lluviosa, siendo los géneros *Eciton*, *Pachycondyla* y *Platythyrea* exclusivos a la temporada seca, mientras que, *Gnamptogenys*, *Crematogaster*, *Temnothorax* y *Trachymyrmex*, son exclusivos a la temporada lluviosa (Cuadro 9.4). Los géneros *Pheidole*, *Camponotus* y *Tetramorium* presentan la mayor riqueza de especies en ambas temporadas, mientras que *Pseudomyrmex*, *Cephalotes* y *Crematogaster* principalmente en la temporada lluviosa (Cuadro 9.5).



(a)



(b)

Figura 9.5: Subfamilias de hormigas registradas por ambiente y temporada de estudio con su respectiva riqueza de géneros (inciso a) y especies (inciso b).

Cuadro 9.4: Géneros de hormigas registrados por ambiente y temporada.

Género	Ambiente			Temporada	
	SP	SS	AM	Seca	Lluviosa
<i>Azteca</i>	•	•	•	•	•
<i>Dorymyrmex</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Forelius</i>	•	•	•	•	•
<i>Tapinoma</i>	•	•	•	•	•
<i>Eciton</i>	• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>	
<i>Neivamyrmex</i>	•	•		•	•
<i>Ectatomma</i>	•	•		•	•
<i>Gnamptogenys</i>	•	•	•		• <sup>E</sup>
<i>Brachymyrmex</i>	•	•	•	•	•
<i>Camponotus</i>	•	•		•	•
<i>Paratrechina</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Acromyrmex</i>	• <sup>E</sup>			•	•
<i>Aphaenogaster</i>		•	•	•	•
<i>Atta</i>	•		•	•	•
<i>Cephalotes</i>	•	•	•	•	•
<i>Crematogaster</i>	•		•		• <sup>E</sup>
<i>Cyphomyrmex</i>	•	•		•	•
<i>Monomorium</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Nesomyrmex</i>	•	•		•	•
<i>Pheidole</i>	•	•	•	•	•
<i>Solenopsis</i>	•		•	•	•
<i>Temnothorax</i>	•	•			• <sup>E</sup>
<i>Tetramorium</i>	•	•	•	•	•
<i>Trachymyrmex</i>		• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>
<i>Pachycondyla</i>	• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>	
<i>Platythyrea</i>	•	•		• <sup>E</sup>	
<i>Pseudomyrmex</i>	•	•		•	•
Total	22	18	15	23	24

Cuadro 9.5: Riqueza de especies de los géneros de hormigas registrados por ambiente y temporada.

Género	Ambiente			Temporada	
	SP	SS	AM	Seca	Lluviosa
<i>Azteca</i>	1	1	1	1	1
<i>Dorymyrmex</i>	0	0	2	2	2
<i>Forelius</i>	1	1	1	1	1
<i>Tapinoma</i>	1	1	2	2	2
<i>Eciton</i>	1	0	0	1	0
<i>Neivamyrmex</i>	1	1	0	1	2
<i>Ectatomma</i>	1	1	0	1	1
<i>Gnamptogenys</i>	1	1	1	0	1
<i>Brachymyrmex</i>	1	1	1	1	1
<i>Camponotus</i>	4	4	0	4	4
<i>Paratrechina</i>	0	0	1	1	1
<i>Acromyrmex</i>	1	0	0	1	1
<i>Aphaenogaster</i>	0	1	1	1	1
<i>Atta</i>	1	0	1	1	1
<i>Cephalotes</i>	3	3	1	2	4
<i>Crematogaster</i>	3	0	1	0	3
<i>Cyphomyrmex</i>	1	1	0	1	1
<i>Monomorium</i>	0	0	2	1	2
<i>Nesomyrmex</i>	1	1	0	1	1
<i>Pheidole</i>	9	5	5	7	9
<i>Solenopsis</i>	2	0	1	1	2
<i>Temnothorax</i>	1	1	0	0	1
<i>Tetramorium</i>	1	1	3	3	3
<i>Trachymyrmex</i>	0	1	0	0	1
<i>Pachycondyla</i>	1	0	0	1	0
<i>Platythyrea</i>	1	1	0	1	0
<i>Pseudomyrmex</i>	4	3	0	1	4
Total	41	29	24	37	50

### **9.2.1.3 Especies**

En la selva primaria se registraron 41 especies/morfoespecies de hormigas que corresponden al 75% del inventario de las especies según lo estimado por la función de ajuste M-M (55 especies, Fig. 9.6 inciso a, y Cuadro 9.6), 12 especies son exclusivas, 23 tienen registro en la temporada seca y 34 en la lluviosa. El valor de riqueza registrado es menor al estimado tanto por el modelo de ajuste M-M como por los estimadores no paramétricos (ICE=60, Chao2=73); y se observa, que la curva de acumulación de especies no alcanza una asíntota claramente definida y parece ser que la riqueza continuará incrementándose conforme se agreguen nuevas muestras al registro, además de que el número de especies raras (únicos=16, duplicados=4), es alto con el máximo esfuerzo de colecta (Fig. 9.6 inciso b). Lo anterior, sugiere que con 120 unidades muestrales, apenas se ha alcanzado un registro suficiente de la riqueza presente en este ambiente, tal como lo indica el valor de la pendiente en las 120 unidades muestrales (0.089).

En la selva secundaria con 29 especies/morfoespecies de hormigas se alcanzó el 88% del registro de la riqueza, 3 son exclusivas, 22 tienen registro en la temporada seca y 28 en la de lluvias. El valor de riqueza registrado en este ambiente no dista mucho del valor de la asíntota predicha por la función de ajuste M-M (Fig. 9.7 inciso a, y Cuadro 9.6), y por los estimadores no paramétricos (Fig. 9.7 inciso b); la curva de acumulación de especies comienza a mostrar una leve inclinación con los valores más altos de esfuerzo de muestreo y el número de especies raras es menor que en la selva primaria con el máximo esfuerzo de colecta. Además, los valores de la derivada a partir de las 100 unidades muestrales son menores a 0.1 (100 unidades muestrales con un valor de la derivada= 0.04). En consecuencia, se sugiere que el esfuerzo de muestreo aplicado en este ambiente ha sido el adecuado para obtener un registro suficiente de la riqueza de hormigas presente en el lugar y el valor de riqueza observada puede ser considerado como representativo.

En los ambientes con manejo con 24 especies/morfoespecies de hormigas se registró el 89% de la riqueza estimada; 8 especies son exclusivas, 18 tienen registro en la temporada seca y 23 en la lluviosa. La función de ajuste M-M estimó una riqueza total de 27 especies de hormigas para este ambiente (Fig. 9.8 inciso a, y Cuadro 9.6), valor que está por arriba del observado, mientras que, los estimadores no paramétricos ICE y Chao2 estiman una riqueza máxima de 24 especies que es igual al valor observado (Fig. 9.8 inciso b). En tanto, la curva de acumulación de especies muestra una asíntota claramente definida a partir de las 100 unidades muestrales y el valor de la pendiente en este punto es igual a 0.028, además de que el número de especies raras (únicos=1, duplicados=3) es bajo con el máximo esfuerzo de colecta. Lo anterior, indica que la riqueza de especies en este tipo de ambiente parece ser menor al máximo valor estimado por la función de ajuste M-M, o bien,



la riqueza registrada en este ambiente no está muy alejada del máximo valor estimado. En suma, el registro de la riqueza en este tipo de ambiente puede ser considerado como el más completo de entre los tres ambientes, además, el esfuerzo de muestreo empleado ha sido el adecuado para obtener una buena representación de la riqueza presente, e incluso, dicho registro podría alcanzarse con el análisis de un menor número de muestras equivalente a las 100 unidades muestrales; ya que con tal esfuerzo, el número de especies registradas no se incrementa más y se alcanza una asintota definida.

En la temporada seca se registraron 37 especies/morfoespecies de hormigas, de las cuales, las siguientes 3 son representantes exclusivos: *Eciton sp.*, *Pachycondyla villosa* y *Platythyrea punctata* (Cuadro 9.17). La riqueza estimada por el modelo de ajuste M-M (Fig. 9.9 inciso a) y el estimador no paramétrico ICE, es de 42 especies para ambos, mientras que debido probablemente al alto número de especies raras (únicos=8, duplicados=2), el indicador Chao2 estima una riqueza mucho más alta, equivalente a 53 especies (Fig. 9.9 inciso b). Los altos valores de la riqueza estimada y la falta de una asíntota en la curva de acumulación de especies son indicadores de que el registro de la riqueza en esta temporada (88% de la estimada) es incompleto y dista un poco de los máximos valores estimados.

En la temporada lluviosa se registraron 50 especies/morfoespecies, 16 de las cuales son exclusivas (Cuadro 9.17). Los valores de riqueza estimada por el modelo de ajuste M-M, 57 especies, (Fig. 9.9 inciso c) y los estimadores no paramétricos, 55 especies en ambos casos, (Fig. 9.9 inciso d) son muy similares, y a pesar de que son mayores al valor de la riqueza registrada, no distan mucho de ésta. Asimismo, la curva de acumulación de especies no alcanza una asíntota definida y el número de especies raras (únicos=9, duplicados=8) es muy alto con el máximo esfuerzo de muestreo. Lo anterior, sugiere que el registro de la riqueza en esta temporada, 88% de la estimada, también se encuentra incompleto.

A pesar de que el registro de la riqueza en ambas temporadas de estudio aún está incompleto, puede considerarse como suficiente el esfuerzo de muestreo aplicado en ambas temporadas de estudio, tal como lo indican los valores de la pendiente en las 180 unidades muestrales con valores de 0.028 para secas y 0.037 para lluvias, que en ambos casos resultan ser menor que 0.1.

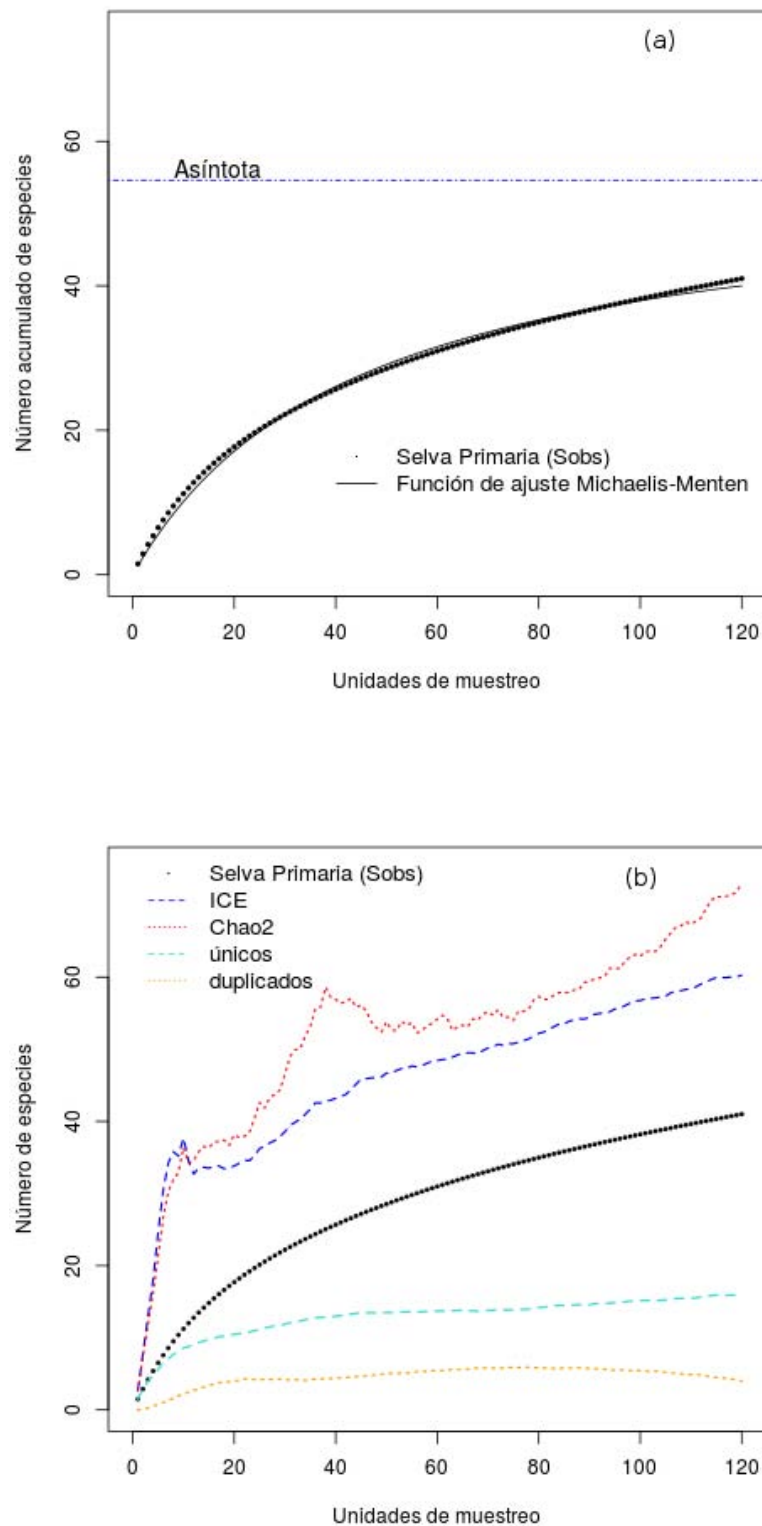


Figura 9.6: Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para la selva primaria.

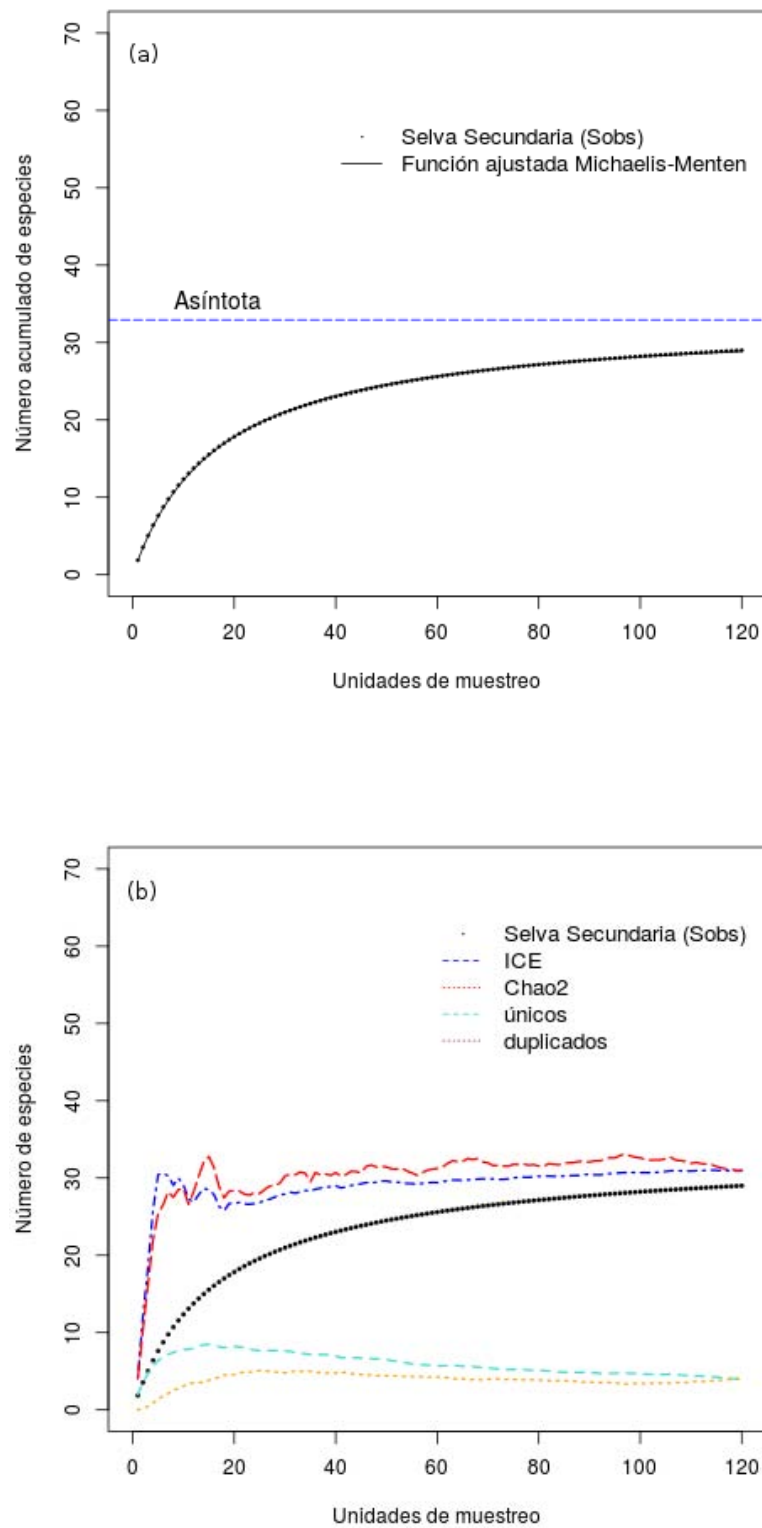


Figura 9.7: Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para la selva secundaria.

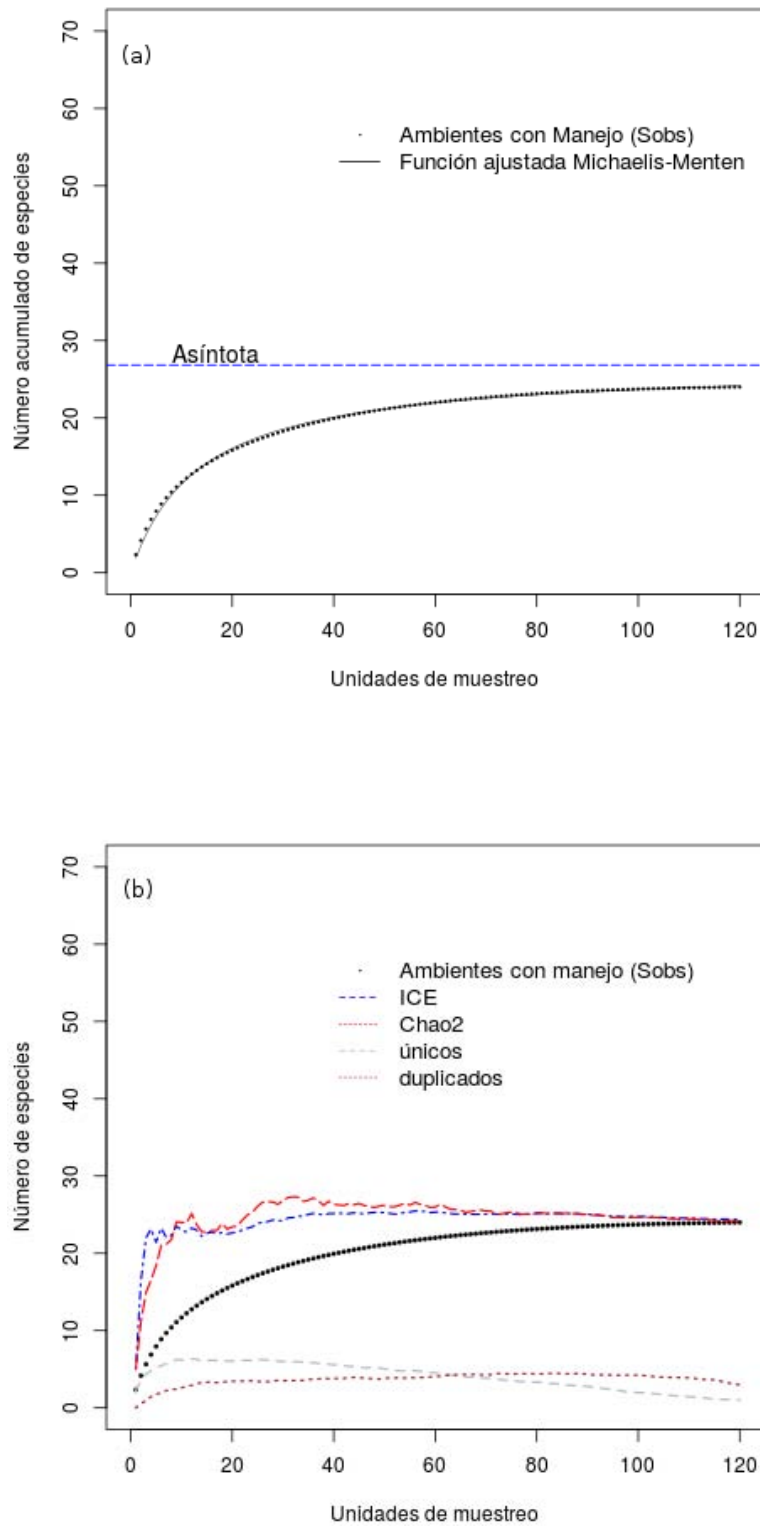


Figura 9.8: Curva de acumulación de especies de la riqueza observada con 100 aleatorizaciones, curva ajustada y asíntota predicha por la función de ajuste Michaelis-Menten (inciso a); riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y número de especies raras “únicos” y “duplicados”, para los ambientes con manejo.

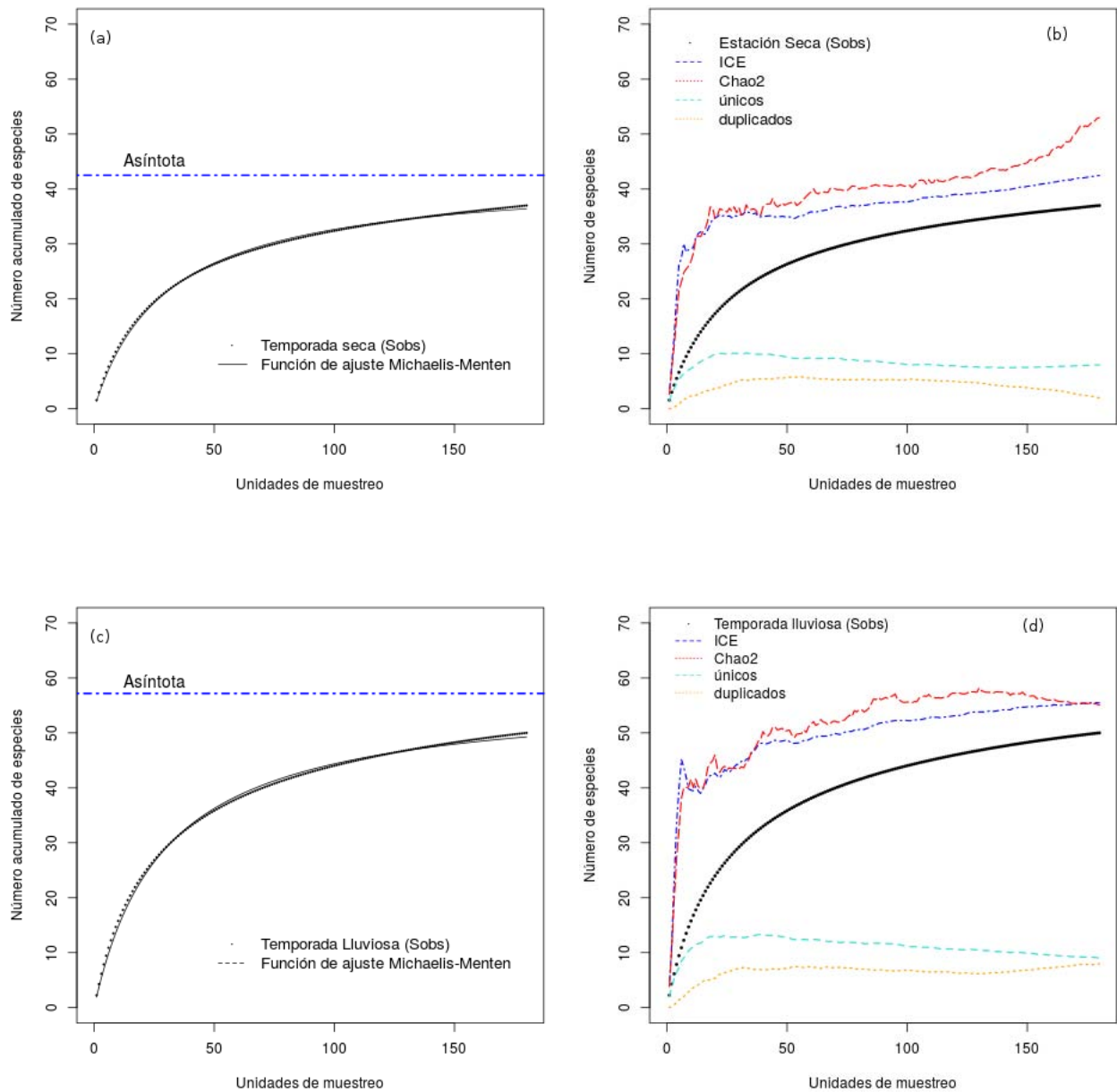


Figura 9.9: Riqueza de especies observada y estimada por la función de ajuste M-M, los estimadores no paramétricos ICE y Chao2, y el número de especies raras registradas en la temporada seca (inciso a) y lluviosa (inciso c). La riqueza estimada por los estimadores no paramétricos: ICE y Chao2, y el número de especies raras registradas se muestran en el inciso b, para la temporada seca, y en el inciso d, para la lluviosa.

Los resultados del análisis de varianza aplicado (Cuadro 9.13) para comparar la riqueza promedio de especies entre ambientes por temporadas (Cuadro 9.11), indican que no hay un efecto significativo del ambiente, ni de la interacción entre ambiente y temporada, pero sí de la temporada, siendo significativamente mayor ( $t_{(33)}=3.95$ ,  $p=0.0003$ ) durante la temporada lluviosa

Cuadro 9.6: Parámetros estimados de las funciones de ajuste Michaelis-Menten y exponencial negativo para la riqueza total de hormigas registrada por tipo de ambiente y temporada de registro.

Ambiente y Temporada	Exponencial Negativo				Michaelis-Menten			
	$r^2$	a	b	asíntota (a*b)	$r^2$	a	b	asíntota (a/b)
Selva Primaria	0.460	82.343	0.355	41	0.999	1.246	0.023	55
Selva Secundaria	0.450	40.873	0.565	28	0.999	1.931	0.059	33
Ambientes con manejo	0.577	53.169	0.372	23	0.998	2.002	0.074	27
T. Seca	0.270	31.489	0.925	35	0.999	1.409	0.033	42
T. Lluviosa	0.292	48.182	0.803	48	0.999	1.977	0.035	57

(Cuadro 9.12) .

### 9.2.2 Abundancia y equidad

Como patrón general de abundancia se observa que ésta es mayor en los ambientes con manejo y menor en los ambientes de selva (Fig. 9.13); mientras que lo opuesto ocurre con la equidad de las especies, de manera que la mayor equidad se presenta en las selvas, y la menor en los ambientes con manejo (Fig. 9.14).

En cuanto a las temporadas de registro, la equidad de las especies es la misma durante ambas temporadas a pesar de que la mayor abundancia se presenta en la temporada lluviosa (Figs. 9.13 y 9.14).

A continuación se describe la distribución de las especies entre ambientes y temporadas de acuerdo con su nivel de abundancia (Cuadros 9.9 y 9.10); las especies que resultaron ser más abundantes al presentar una abundancia de intermedia a alta en los tres ambientes y durante ambas temporadas de registro son: *Forelius sp.*, y *Pheidole sp. 4* y *sp. 9* (Cuadros 9.7 y 9.8).

*Azteca sp.*, *Tapinoma sp.1*, *Ectatomma ruidum*, *Tetramorium spinosum* y algunas especies de *Camponotus*, *Cephalotes*, *Pheidole* y *Pseudomyrmex*, presentan una abundancia intermedia a alta en la selva primaria y secundaria. *Aphaenogaster sp.* y *Brachymyrmex sp.* son muy abundantes en los ambientes de selva secundaria y con manejo; mientras que, en la selva primaria y los ambientes con manejo la especie *Pheidole sp. 1* es la más abundante (Cuadro 9.7).

Las especies más abundantes en la selva primaria son: *Cyphomyrmex rimosus*, *Temnothorax subditivus* y las especies 2 y 7 del género *Pheidole*; en la selva secundaria, la mayor abundancia corresponde a las especies 1 y 3 de *Camponotus*; y en los ambientes con manejo, las especies más abundantes son: *Tapinoma sp. 2*, *Paratrechina longicornis*, *Solenopsis geminata*, *Tetramorium simillimum* y *T. aff. spinosum* (Cuadro 9.7).

Durante la temporada seca, las especies más abundantes son: *Camponotus sp. 4* y *Tetramorium spinosum*, mientras que durante la temporada lluviosa la mayor abundancia la presentan las especies: *Camponotus sp. 5*, *Cephalotes sp. 4*, *Tetramorium simillimum*, *T. aff. spinosum* y *Pseudomyrmex sp. 1* (Cuadro 9.8).

Cuadro 9.7: Frecuencia de Ocurrencia (F.O.), Frecuencia Relativa (F.R.), y nivel de abundancia (k medias) de las especies de hormigas registradas por ambiente de estudio. Los valores de los centroides de agrupamiento que corresponden a cada nivel de abundancia por ambiente de acuerdo con lo obtenido en el análisis de k medias, se reportan en el Cuadro 9.9.

Especies/ morfoespecies	Selva Primaria			Selva Secundaria			Ambientes con manejo		
	F.O.	F.R.	k medias	F.O.	F.R.	k medias	F.O.	F.R.	k medias
<i>Azteca sp.</i>	8.33	5.41	2	3.33	1.77	2	0.83	0.35	1
<i>Dorymyrmex sp. 1</i>							3.33	1.41	1
<i>Dorymyrmex sp. 2</i>							5.83	2.47	2
<i>Forelius sp.</i>	3.33	2.16	2	13.33	7.08	3	50.00	21.20	3
<i>Tapinoma sp. 1</i>	3.33	2.16	2	10.83	5.75	3	2.50	1.06	1
<i>Tapinoma sp. 2</i>							20.83	8.83	3
<i>Eciton sp.</i>	0.83	0.54	1						
<i>Neivamyrmex sp. 1</i>				1.67	0.88	1			
<i>Neivamyrmex sp. 2</i>	1.67	1.08	1						
<i>Ectatomma ruidum</i>	17.50	11.35	3	20.00	10.62	3			1
<i>Gnamptogenys aff. striatula</i>	1.67	1.08	1	0.83	0.44	1	1.67	0.71	1
<i>Brachymyrmex sp.</i>	0.83	0.54	1	9.17	4.87	2	6.67	2.83	2
<i>Camponotus sp. 1</i>	0.83	0.54	1	5.83	3.10	2			
<i>Camponotus sp. 3</i>	0.83	0.54	1	5.00	2.65	2			
<i>Camponotus sp. 4</i>	6.67	4.32	2	4.17	2.21	2			
<i>Camponotus sp. 5</i>	3.33	2.16	2	7.50	3.98	2			
<i>Paratrechina longicornis</i>							21.67	9.19	3
<i>Acromyrmex sp.</i>	1.67	1.08	1						
<i>Aphaenogaster sp.</i>				11.67	6.19	3	14.17	6.01	2
<i>Atta mexicana</i>	0.83	0.54	1				2.50	1.06	1
<i>Cephalotes sp. 1</i>	10.00	6.49	3	12.50	6.64	3	2.50	1.06	1
<i>Cephalotes sp. 2</i>				1.67	0.88	1			
<i>Cephalotes sp. 3</i>	0.83	0.54	1						
<i>Cephalotes sp. 4</i>	6.67	4.32	2	5.00	2.65	2			
<i>Crematogaster sp. 1</i>	1.67	1.08	1						
<i>Crematogaster sp. 2</i>	1.67	1.08	1				3.33	1.41	1
<i>Crematogaster sp. 4</i>	0.83	0.54	1						
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	2.50	1.62	2	2.50	1.33	1			
<i>Monomorium ebeninum</i>							6.67	2.83	2
<i>Monomorium floricola</i>							2.50	1.06	1
<i>Nesomyrmex pittieri</i>	15.00	9.73	3	15.83	8.41	3			
<i>Pheidole sp. 1</i>	2.50	1.62	2	1.67	0.88	1	25.83	10.95	3
<i>Pheidole sp. 2</i>	3.33	2.16	2						
<i>Pheidole sp. 3</i>	2.50	1.62	2	4.17	2.21	2			
<i>Pheidole sp. 4</i>	11.67	7.57	3	20.00	10.62	3	5.83	2.47	2
<i>Pheidole sp. 5</i>	10.83	7.03	3	5.00	2.65	2	1.67	0.71	1
<i>Pheidole sp. 6</i>	0.83	0.54	1						
<i>Pheidole sp. 7</i>	2.50	1.62	2				1.67	0.71	1
<i>Pheidole sp. 8</i>	0.83	0.54	1						
<i>Pheidole sp. 9</i>	7.50	4.86	2	8.33	4.42	2	9.17	3.89	2
<i>Solenopsis geminata</i>	0.83	0.54	1				25.00	10.60	3
<i>Solenopsis (Diplorhoptrum) sp.</i>	0.83	0.54	1						
<i>Temnothorax subditivus</i>	3.33	2.16	2	0.83	0.44	1			
<i>Tetramorium simillimum</i>							8.33	3.53	2
<i>Tetramorium spinosum</i>	2.50	1.62	2	5.83	3.10	2	2.50	1.06	1
<i>Tetramorium aff spinosum</i>							10.83	4.59	2
<i>Trachymyrmex sp. 1</i>				1.67	0.88	1			
<i>Pachycondyla villosa</i>	0.83	0.54	1						
<i>Platythyrea punctata</i>	0.83	0.54	1	0.83	0.44	1			
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	3.33	2.16	2	3.33	1.77	2			
<i>Pseudomyrmex sp. 3</i>	5.83	3.78	2	5.00	2.65	2			
<i>Pseudomyrmex sp. 4</i>	0.83	0.54	1	0.83	0.44	1			
<i>Pseudomyrmex sp. 5</i>	1.67	1.08	1						

Cuadro 9.9: Valor de los centroides de agrupamiento de k medias para cada ambiente por nivel de abundancia. F.O.= Frecuencia de ocurrencia, F.R.= Frecuencia relativa.

Grupo	Nivel de abundancia	Selva Primaria		Selva Secundaria		Ambientes con manejo	
		F.O.	F.R.	F.O.	F.R.	F.O.	F.R.
1	baja	0.676	0.439	0.379	0.200	0.625	0.265
2	intermedia	4.218	2.734	5.512	2.925	8.437	3.577
3	alta	13.000	8.434	14.880	7.901	28.660	12.154

Cuadro 9.8: Frecuencia de Ocurrencia (F.O.), Frecuencia Relativa (F.R.), y nivel de abundancia (k medias) de las especies de hormigas registradas por temporada de estudio. Los valores de los centroides de agrupamiento que corresponden a cada nivel de abundancia por temporada, de acuerdo con lo obtenido en el análisis de k medias, se reportan en el Cuadro 9.10.

Especies/ morfoespecies	Temporada Seca			Temporada Lluviosa		
	F.O.	F.R.	k medias	F.O.	F.R.	k medias
<i>Azteca sp.</i>	4.44	2.78	2	3.89	1.72	2
<i>Dorymyrmex sp. 1</i>	1.11	0.69	1	1.11	0.49	1
<i>Dorymyrmex sp. 2</i>	1.67	1.04	1	2.22	0.99	1
<i>Forelius sp.</i>	26.67	16.67	3	17.78	7.88	3
<i>Tapinoma sp. 1</i>	3.89	2.43	2	7.22	3.20	2
<i>Tapinoma sp. 2</i>	7.22	4.51	2	6.67	2.96	2
<i>Eciton sp.</i>	0.56	0.35	1			
<i>Neivamyrmex sp. 1</i>				1.11	0.49	1
<i>Neivamyrmex sp. 2</i>	0.56	0.35	1	0.56	0.25	1
<i>Ectatomma ruidum</i>	5.00	3.13	2	20.00	8.87	3
<i>Gnamptogenys aff. striatula</i>				2.78	1.23	1
<i>Brachymyrmex sp.</i>	5.00	3.13	2	6.11	2.71	2
<i>Camponotus sp. 1</i>	2.22	1.39	1	2.22	0.99	1
<i>Camponotus sp. 3</i>	0.56	0.35	1	3.33	1.48	1
<i>Camponotus sp. 4</i>	3.89	2.43	2	3.33	1.48	1
<i>Camponotus sp. 5</i>	1.67	1.04	1	5.56	2.46	2
<i>Paratrechina longicornis</i>	5.56	3.47	2	8.89	3.94	2
<i>Acromyrmex sp.</i>	0.56	0.35	1	0.56	0.25	1
<i>Aphaenogaster sp.</i>	10.00	6.25	2	7.22	3.20	2
<i>Atta mexicana</i>	1.67	1.04	1	0.56	0.25	1
<i>Cephalotes sp. 1</i>	7.78	4.86	2	8.89	3.94	2
<i>Cephalotes sp. 2</i>	0.56	0.35	1	0.56	0.25	1
<i>Cephalotes sp. 3</i>				0.56	0.25	1
<i>Cephalotes sp. 4</i>				7.78	3.45	2
<i>Crematogaster sp. 1</i>				1.11	0.49	1
<i>Crematogaster sp. 2</i>				3.33	1.48	1
<i>Crematogaster sp. 4</i>				0.56	0.25	1
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0.56	0.35	1	2.78	1.23	1
<i>Monomorium ebeninum</i>	2.22	1.39	1	2.22	0.99	1
<i>Monomorium floricola</i>				1.67	0.74	1
<i>Nesomyrmex pittieri</i>	16.67	10.42	3	3.89	1.72	2
<i>Pheidole sp. 1</i>	7.78	4.86	2	12.22	5.42	3
<i>Pheidole sp. 2</i>	0.56	0.35	1	1.67	0.74	1
<i>Pheidole sp. 3</i>	2.22	1.39	1	2.22	0.99	1
<i>Pheidole sp. 4</i>	5.56	3.47	2	19.44	8.62	3
<i>Pheidole sp. 5</i>	6.67	4.17	2	5.00	2.22	2
<i>Pheidole sp. 6</i>				0.56	0.25	1
<i>Pheidole sp. 7</i>	1.67	1.04	1	1.11	0.49	1
<i>Pheidole sp. 8</i>				0.56	0.25	1
<i>Pheidole sp. 9</i>	7.22	4.51	2	9.44	4.19	2
<i>Solenopsis geminata</i>	3.33	2.08	2	13.89	6.16	3
<i>Solenopsis (Diplorhoptum) sp.</i>				0.56	0.25	1
<i>Temnothorax subditivus</i>				2.78	1.23	1
<i>Tetramorium simillimum</i>	1.67	1.04	1	3.89	1.72	2
<i>Tetramorium spinosum</i>	6.11	3.82	2	1.11	0.49	1
<i>Tetramorium aff spinosum</i>	2.22	1.39	1	5.00	2.22	2
<i>Trachymyrmex sp. 1</i>				1.11	0.49	1
<i>Pachycondyla villosa</i>	0.56	0.35	1			
<i>Platythyrea punctata</i>	1.11	0.69	1			
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>				4.44	1.97	2
<i>Pseudomyrmex sp. 3</i>	3.33	2.08	2	3.89	1.72	2
<i>Pseudomyrmex sp. 4</i>				1.11	0.49	1
<i>Pseudomyrmex sp. 5</i>				1.11	0.49	1

Cuadro 9.10: Valor de los centroides de agrupamiento de k medias para cada temporada por nivel de abundancia. F.O.= Frecuencia de ocurrencia, F.R.= Frecuencia relativa.

Grupo	Nivel de abundancia	Temporada Seca		Temporada Lluviosa	
		F.O.	F.R.	F.O.	F.R.
1	baja	0.68	0.43	1.39	0.62
2	intermedia	5.80	3.62	6.11	2.71
3	alta	21.67	13.54	16.67	7.39



En el análisis de varianza realizado para comparar las abundancias promedio de las especies de hormigas entre ambientes por temporadas (Cuadro 9.11), se encontró que hay un efecto significativo del ambiente y de la temporada de manera independiente (Cuadro 9.14). En las pruebas de  $t$  realizadas para comparar las frecuencias de ocurrencia promedio entre ambientes y entre temporadas, se encontró que en los ambientes con manejo son significativamente más altas ( $t_{(20)}=-2.54$ ,  $p=0.0195$ ) a las de la selva primaria, mientras que los promedios de las frecuencias de ocurrencia entre la selva primaria y secundaria no difieren significativamente, así como tampoco entre la selva secundaria y los ambientes con manejo. Por otra parte, se encontraron diferencias significativas entre ambas temporadas de colecta ( $t_{(33)}=-2.73$ ,  $p=0.0098$ ), correspondiendo el mayor registro de abundancia a la temporada lluviosa (Cuadro 9.12).

En cuanto al análisis de varianza aplicado a los datos de equidad, índice de Pielou, (Cuadro 9.11), no se encontró un efecto significativo de la interacción entre ambiente y temporada, pero sí del ambiente de manera independiente (Cuadro 9.15). De las pruebas de  $t$  aplicadas para determinar las diferencias significativas, se encontró que la equidad promedio de hormigas entre selvas no difiere significativamente ( $t_{(20)}=0.84$ ,  $p=0.41$ ), pero sí es significativamente mayor en la selva primaria ( $t_{(22)}=3.06$ ,  $p=0.006$ ) y secundaria ( $t_{(19)}=2.69$ ,  $p=0.014$ ) que en los ambientes con manejo (Cuadro 9.12).

### 9.2.3 Diversidad

En la Fig. 9.12 se observa que la diversidad total de hormigas es mayor en la selva primaria, intermedia en la selva secundaria, y menor en los ambientes con manejo; mientras que, entre temporadas la mayor diversidad se registra en lluvias.

Los resultados del análisis de varianza aplicado para comparar la diversidad promedio entre ambientes por temporadas (Cuadro 9.11), indican que no hay un efecto significativo de la interacción entre ambos factores, pero sí, de cada factor de manera independiente (Cuadro 9.16). De las pruebas de  $t$  aplicadas para determinar diferencias significativas en la diversidad promedio de hormigas entre ambientes y temporadas, se encontró que, la diversidad promedio entre la selva primaria y los ambientes con manejo difiere significativamente ( $t_{(22)}=2.03$ ,  $p=0.027$ ), mientras que entre selvas, así como, entre la selva secundaria y los ambientes con manejo, no es significativamente distinta. La diversidad promedio de hormigas entre temporadas de registro también difirió significativamente ( $t_{(33)}=-3.62$ ,  $p=0.0009$ ), correspondiendo a la temporada lluviosa el mayor registro de diversidad de hormigas (Cuadro 9.12).

Cuadro 9.11: Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (D.E.) de las variables medidas y comparadas mediante análisis de varianza entre ambientes por temporada de registro. S= Riqueza de especies, H'= Índice de diversidad de Shannon, F.O. =Frecuencia de ocurrencia, y J'=Índice de Pielou.

Ambientes	S		H'		F.O.		J'	
	T. Seca	T. Lluviosa	T. Seca	T. Lluviosa	T. Seca	T. Lluviosa	T. Seca	T. Lluviosa
	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)
Selva Primaria	8.3 (2.42)	13 (3.03)	2 (0.31)	1.9 (0.22)	2.4 (1.28)	4.4 (0.79)	1.0(0.03)	0.9(0.04)
Selva Secundaria	8.5 (1.87)	11 (1.79)	2 (0.23)	2.2 (0.17)	3.2 (1.25)	4.7 (2.55)	0.8(0.01)	0.8(0.03)
Ambientes con Manejo	7.7 (3.08)	10.2 (1.94)	1.8 (0.35)	2.1 (0.17)	2.7 (0.68)	4.2 (0.82)	0.9(0.04)	0.9(0.03)

Cuadro 9.12: Valor total, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (D.E.) de las variables estimadas en las comunidades de hormigas por tipo de ambiente y temporada. S= Riqueza de especies, H'= Índice de diversidad de Shannon, F.O. =Frecuencia de Ocurrencia, y J'=Índice de Pielou.

Ambientes/ Temporadas	S		H'		F.O.		J'	
	Total	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	Total	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	Total	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)	Total	$\bar{x}$ ( $\pm$ D.E.)
Selva Primaria	41	10.67(3.58)	3.25	2.15(0.32)	154.67	2.81(1.28)	0.95	0.88(0.03)
Selva Secundaria	29	9.75(2.18)	3.03	2.11(0.24)	188.33	3.55(1.11)	0.94	0.90(0.02)
Ambientes con Manejo	24	8.92(2.78)	2.67	1.92(0.30)	235.83	4.45(1.82)	0.90	0.84(0.04)
Temporada Seca	37	8.16 (2.39)	3.13	1.92(0.30)	160.00	2.96(1.52)	0.93	0.87 (0.03)
Temporada Lluviosa	50	11.39(2.50)	3.45	2.21(0.20)	225.56	4.26(1.32)	0.93	0.88 (0.04)

Cuadro 9.13: Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la riqueza de hormigas entre ambientes y temporadas.

Resultados ANOVA: riqueza						
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr(>F)	
Ambiente	1	18.375	18.375	3.315	0.078	<i>ns</i>
Temporada	1	93.444	93.444	16.860	0.000	*
Ambiente:Temporada	1	7.042	7.042	1.270	0.268	<i>ns</i>
Residuales	32	177.361	5.543			
Código de significancia		<i>ns</i> =no significativo	*= $p < 0.05$			

Cuadro 9.14: Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la abundancia (F.O.=Frecuencia de Ocurrencia) de hormigas entre ambientes por temporadas de registro.

Resultados ANOVA: F.O.						
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr(>F)	
Ambiente	1	16.044	16.044	9.711	0.004	*
Temporada	1	15.205	15.205	9.203	0.005	*
Ambiente:Temporada	1	0.024	0.024	0.014	0.905	<i>ns</i>
Residuales	32	52.870	1.652			
Código de significancia		<i>ns</i> =no significativo	*= $p < 0.05$			

Cuadro 9.15: Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la equidad promedio entre ambientes y temporadas.

Resultados ANOVA: Equidad de Pielou						
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr(>F)	
Ambiente	1	0.011	0.011	10.750	0.003	*
Temporada	1	0.000	0.000	0.080	0.779	<i>ns</i>
Ambiente:Temporada	1	0.000	0.000	0.003	0.960	<i>ns</i>
Residuales	32	0.034	0.001			
Código de significancia		<i>ns</i> =no significativo	*=p<0.05			

Cuadro 9.16: Resultados del análisis de varianza factorial aplicado para comparar la diversidad promedio entre ambientes y temporadas.

Resultados ANOVA: Shannon						
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr(>F)	
Ambiente	1	0.439	0.439	7.0144	0.0125	*
Temporada	1	0.951	0.951	15.1792	0.0005	*
Ambiente:Temporada	1	0.018	0.018	0.2854	0.5969	<i>ns</i>
Residuales	32	2.004	0.063			
Código de significancia		<i>ns</i> =no significativo	*=p<0.05			

Los valores de diversidad comparados mediante la prueba de anova corresponden al valor promedio de diversidad a nivel de sitio, sin embargo, se ha observado al igual que con la riqueza, que el patrón de diversidad de hormigas en la RBCh-C presenta una tendencia de comportamiento dependiente de la escala espacial de análisis, es decir, ésta cambia dependiendo de la extensión del área muestreada, ya sea a nivel de muestra, sitio, o de un conjunto de sitios pertenecientes al mismo tipo de ambiente.

A continuación, se describe en general el patrón de diversidad observado de acuerdo con lo representado en la Fig. 9.10, en la que se observa que a nivel de muestra, un área aproximada de 40 metros, la categoría de ambiente con manejo presenta la mayor diversidad de hormigas, seguido por la selva secundaria con una diversidad intermedia, y la selva primaria con la menor diversidad. A nivel de análisis de sitio, equivalente a un área de 240 metros, la diversidad de hormigas no difiere entre la selva primaria y secundaria, siendo mayor en éstas que en los ambientes con manejo. En cambio, la diversidad a nivel de ambiente, en el que se agrupan varios sitios pertenecientes a un mismo tipo de vegetación, equivalente a un área de 720 metros, la diversidad de hormigas resulta ser más alta en la selva primaria, intermedia en la selva secundaria, y la más baja se presenta en los ambientes con manejo.

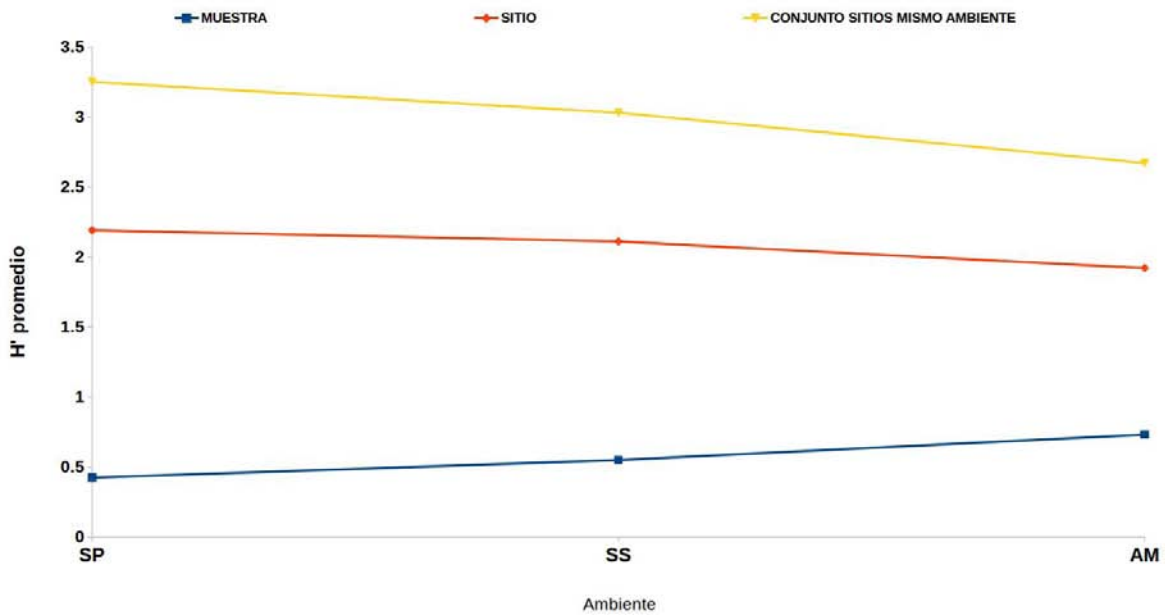


Figura 9.10: Tendencia de comportamiento de la diversidad de hormigas en la RBCh-C, dependiente de la escala espacial de análisis.

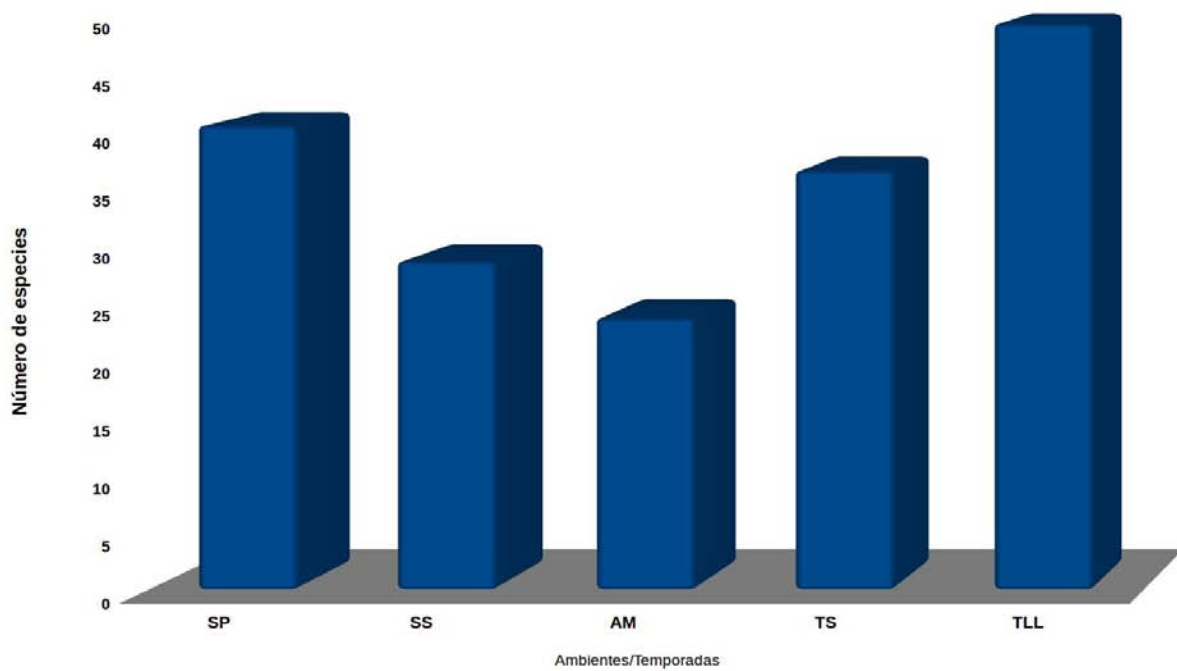


Figura 9.11: Riqueza total de especies registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala

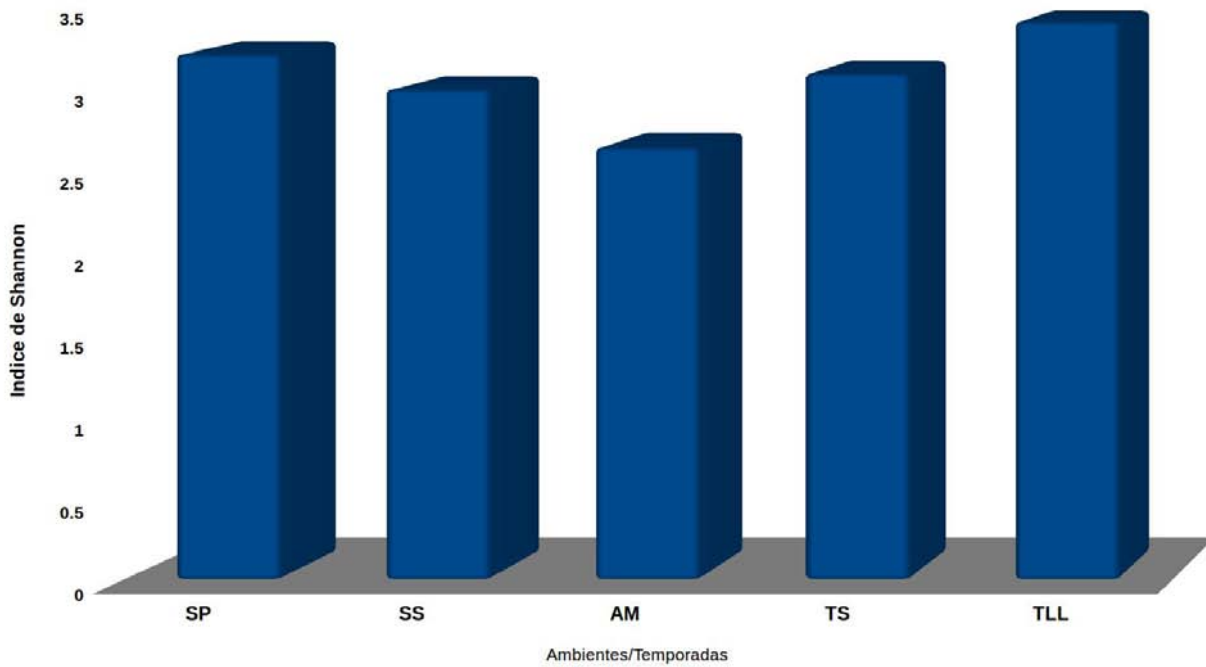


Figura 9.12: Diversidad (índice de de Shannon) de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala

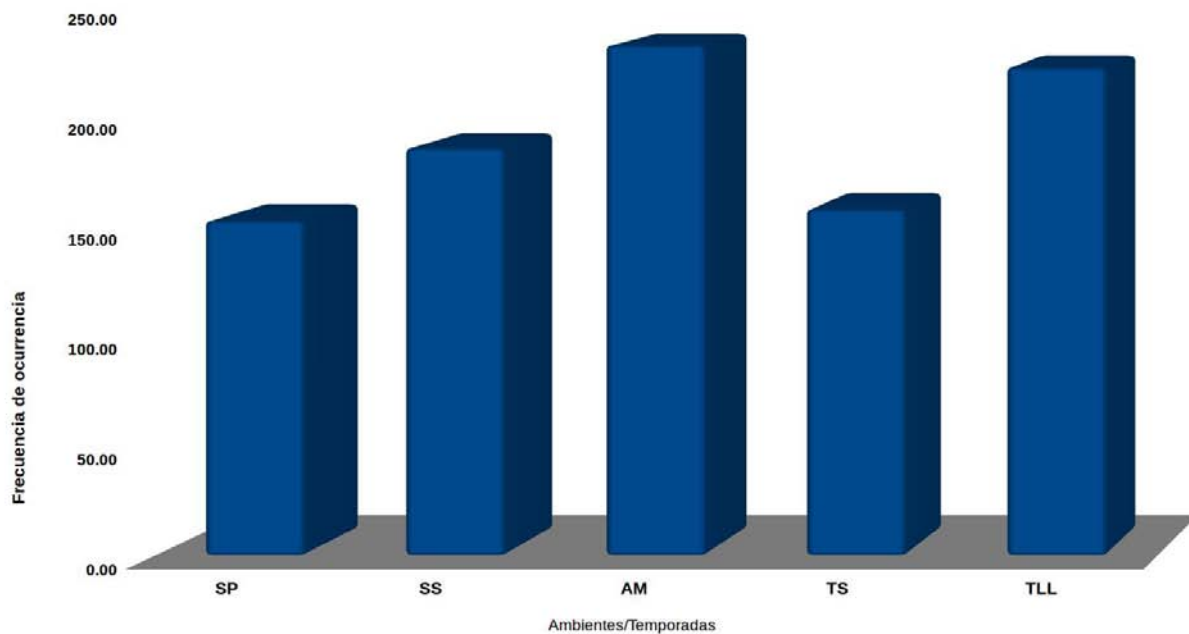


Figura 9.13: Frecuencia de ocurrencia total de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala

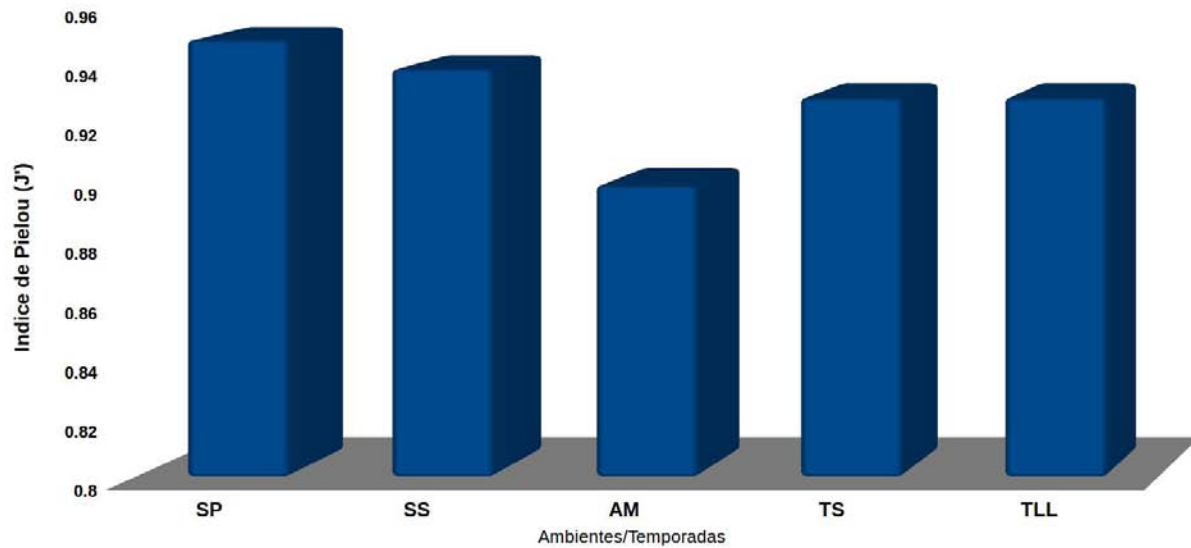


Figura 9.14: Equidad (índice de Pielou) de hormigas registrada en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.

### 9.2.4 Composición de especies

Algunas de las especies que conforman la comunidad de hormigas de la RBCh-C presentan afinidad por uno o más de los ambientes de estudio, mientras que otras son exclusivas a un sólo tipo de ambiente. De igual manera, algunas especies de hormigas se localizan tanto en la temporada seca como en la lluviosa, mientras que otras están presentes sólo en alguna de las dos temporadas de estudio. A continuación, se describen los grupos de hormigas identificados de acuerdo con su distribución ambiental y temporal (Cuadro 9.17):

- **Especies generalistas.** Especies presentes en todos los ambientes y en ambas temporadas de estudio, dentro de este grupo se reconoce a: *Azteca sp.*, *Forelius sp.*, *Tapinoma sp. 1*, *Brachymyrmex sp.*, *Cephalotes sp. 1*, *Tetramorium spinosum*, y las especies 1, 4, 5 y 9 del género *Pheidole*, las cuales equivalen casi al 19% de las especies registradas. De éstas, *Forelius sp.* y *Pheidole* especie 4 y 5, son las más abundantes, están presentes en ambas temporadas de registro y en dos de los tres sitios de cada ambiente.
- **Especies exclusivas a un ambiente.** Especies presentes en solo uno de los tres ambientes de estudio, dentro de este grupo se reconocen:

*Especies exclusivas de selva primaria.* En este grupo están aquellas especies que tienden a habitar sitios conservados o con un nivel de perturbación muy bajo, incluye 12 especies cuyos géneros representados presentan hábitos arborícolas (*Cephalotes*, *Crematogaster* y *Pseudomyrmex*), depredadores (*Eciton*, *Neivamyrmex*, *Pachycondyla villosa*), o defoliadores

como las hormigas cultivadoras de hongos *Acromyrmex sp.*; en conjunto equivalen al 23% de las especies registradas.

*Especies exclusivas de selva secundaria.* Este grupo incluye especies que tienden a habitar ambientes con un nivel de perturbación intermedio, se reconoce a las especies: *Neivamyrmex sp. 1*, *Cephalotes sp. 2* y *Trachymyrmex sp. 1*; corresponden al 6% de la riqueza registrada. Cabe destacar que de las especies incluidas en este grupo ninguna presenta alta abundancia en ninguno de los sitios en los que se registró su presencia.

*Especies exclusivas de ambientes con manejo.* Este grupo incluye especies que tienden a habitar ambientes altamente perturbados, se reconocen ocho especies: *Dorymyrmex sp. 1* y *sp. 2*, *Tapinoma sp. 2*, *Paratrechina longicornis*, *Monomorium ebeninum* y *M. floricola*, *Tetramorium simillimum* y *T. aff. spinosum*; en conjunto equivalen al 15% de las especies registradas. De éstas, las especies *Dorymyrmex sp. 2*, *Tapinoma sp. 2*, *Paratrechina longicornis* y *Monomorium ebeninum* presentan una alta abundancia y están presentes en todos los sitios de esta condición.

- **Especies exclusivas a una temporada.** Especies presentes en sólo una de las dos temporadas de colecta, dentro de este grupo se reconocen tres especies exclusivas a la temporada seca: *Eciton sp.*, *Pachycondyla villosa* y *Platythyrea punctata*, que equivalen al 6% de las especies registradas; en la temporada lluviosa, 16 especies son exclusivas y equivalen al 30% de la especies registradas.
- **Especies con tendencia a habitar ambientes con nivel de perturbación bajo a intermedio.** Especies presentes en casi todos los sitios de selva primaria y secundaria, en este grupo se incluye a: *Ectatomma ruidum*, *Camponotus sp. 4*, *Cephalotes sp. 4*, *Nesomyrmex pittieri*, *Pseudomyrmex sp. 1* y *sp. 3*, las cuales equivalen al 9% de las especies registradas.
- **Especies con tendencia a habitar ambientes con nivel de perturbación intermedio a alto.** Especies presentes en los sitios de selva secundaria y los ambientes con manejo, dentro de este grupo sólo se incluye a la especie *Aphaenogaster sp.*, que presenta una alta abundancia en ambos ambientes.

### 9.2.5 Grupos funcionales de hormigas

Además de identificar las especies afines a determinados ambientes y temporadas es de interés identificar algunas de las características ecológicas así como la importancia en el ecosistema de las hormigas registradas en el presente trabajo; por lo que éstas se agruparon dentro de los grupos funcionales reconocidos por Andersen (1995, 1997b, 2000), de acuerdo con su respuesta al estrés y a la perturbación del ambiente.

Las 53 especies de hormigas registradas en los tres ambientes se agruparon dentro de los 9 grupos funcionales reconocidos por el autor, con la excepción de seis especies pertenecientes a 3 géneros, las cuales, no pudieron ser asignadas debido a que en la literatura consultada no perfilan dentro de ningún grupo funcional (Cuadro 9.18).

El mayor número de grupos funcionales se registró en la selva primaria (9), seguida por la selva secundaria (8) y los ambientes con manejo (5); en la temporada seca se registraron 8 y durante la temporada lluviosa 7 (Figs. 9.15).

El grupo funcional mejor representado, con 14 especies, es el de las myrmecinas generalistas (MG), seguido por los especialistas en clima tropical (ECT), con 11 especies, y las especies oportunistas (O), con 10 especies; con una menor representación se encuentra el grupo de las camponotini subordinadas (CS) con 4 especies, las dolichoderinas dominantes (DD), las especies cripticas (EC) y los depredadores especialistas (DE) con 2 especies cada uno; representados por sólo una especie se encuentran los especialistas en clima frío (ECF) y cálido (ECC) (Fig. 9.16).

En total, el 23% de las especies asignadas a grupos funcionales están presentes en la selva primaria, el 15% en la selva secundaria, el 14% en los ambientes con manejo, el 21% en la temporada seca y el 27% en la lluviosa.

Los grupos funcionales mejor representados en las selvas primarias y secundarias corresponden a MG con 12 y 5 especies (32% y 21%, respectivamente), los ECT con 9 y 6 especies (24% y 25%, respectivamente); con una mediana representación se encuentran los grupos de CS y O con 4 especies en cada ambiente (11% y 17%, respectivamente), el grupo de DD con 2 especies en cada ambiente (5% y 8%, respectivamente), además de DE y EC en las selvas primarias con 2 especies (5%). Los grupos representados por sólo una especie, en las selvas primarias son: ECF y ECC; en las selvas secundarias son: ECF, EC y DE (Cuadro 9.19 y Fig. 9.17, inciso a y b).

En los ambientes con manejo el grupo funcional mejor representado es el de las especies oportunistas con 10 especies (41%), seguido por MG con 8 especies (36%); otros grupos también presentes pero con menor representación son las DD con 2 especies (9%), y representados sólo por 1 especie (5%) están los grupos de EC, ECC y ECT (Cuadro 9.19 y Fig. 9.17, inciso c).

En ambas temporadas de registro los grupos mejor representados corresponden a O, ECC y ECT (Cuadro 9.19 y Fig. 9.17, inciso d y e).

Los grupos funcionales que están presentes en los tres ambientes y en ambas temporadas de estudio son DD, O, EC, ECT y MG; los ECC están ausentes en la selva secundaria; los DE, CS y ECF están ausentes en los ambientes con manejo; en la temporada seca está ausente el grupo de ECF y durante la temporada lluviosa los grupos de DE y ECC (Fig. 9.17, incisos a-e).



Cuadro 9.17: Composición de especies de hormigas por ambiente y temporada. Con el superíndice <sup>E</sup> se indica a las especies exclusivas; SP: Selva Primaria, SS: Selva Secundaria, AM: Ambientes con Manejo, TS: Temporada Seca, TLL: Temporada Lluviosa.

Género	Especie	Ambiente			Temporada	
		SP	SS	AM	TS	TLL
<i>Azteca</i>	<i>sp.</i>	•	•	•	•	•
<i>Dorymyrmex</i>	<i>sp. 1</i>			• <sup>E</sup>	•	•
	<i>sp. 2</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Forelius</i>	<i>sp.</i>	•	•	•	•	•
<i>Tapinoma</i>	<i>sp. 1</i>	•	•	•	•	•
	<i>sp. 2</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Eciton</i>	<i>sp.</i>	• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>	
<i>Neivamyrmex</i>	<i>sp. 1</i>		• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>
	<i>sp. 2</i>	• <sup>E</sup>			•	•
<i>Ectatomma</i>	<i>ruidum</i>	•	•		•	•
<i>Gnamptogenys</i>	<i>aff. striatula</i>	•	•	•		• <sup>E</sup>
<i>Brachymyrmex</i>	<i>sp.</i>	•	•	•	•	•
<i>Camponotus</i>	<i>sp. 1</i>	•	•		•	•
	<i>sp. 3</i>	•	•		•	•
	<i>sp. 4</i>	•	•		•	•
	<i>sp. 5</i>	•	•		•	•
<i>Paratrechina</i>	<i>longicornis</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Acromyrmex</i>	<i>sp.</i>	• <sup>E</sup>			•	•
<i>Aphaenogaster</i>	<i>sp.</i>		•	•	•	•
<i>Atta</i>	<i>mexicana</i>	•		•	•	•
<i>Cephalotes</i>	<i>sp. 1</i>	•	•	•	•	•
	<i>sp. 2</i>		• <sup>E</sup>		•	•
	<i>sp. 3</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
	<i>sp. 4</i>	•	•			• <sup>E</sup>
<i>Crematogaster</i>	<i>sp. 1</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
	<i>sp. 2</i>	•		•		• <sup>E</sup>
	<i>sp. 4</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>rimosus</i>	•	•		•	•
<i>Monomorium</i>	<i>ebeninum</i>			• <sup>E</sup>	•	•
	<i>floricola</i>			• <sup>E</sup>		• <sup>E</sup>
<i>Nesomyrmex</i>	<i>pittieri</i>	•	•		•	•
<i>Pheidole</i>	<i>sp. 1</i>	•	•	•	•	•
	<i>sp. 2</i>	• <sup>E</sup>			•	•
	<i>sp. 3</i>	•	•		•	•
	<i>sp. 4</i>	•	•	•	•	•
	<i>sp. 5</i>	•	•	•	•	•
	<i>sp. 6</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
	<i>sp. 7</i>	•		•	•	•
	<i>sp. 8</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
	<i>sp. 9</i>	•	•	•	•	•
<i>Solenopsis</i>	<i>geminata</i>	•		•	•	•
<i>Solenopsis (Diplorhoptrum)</i>	<i>sp.</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>
<i>Temnothorax</i>	<i>subditivus</i>	•	•			• <sup>E</sup>
<i>Tetramorium</i>	<i>simillimum</i>			• <sup>E</sup>	•	•
	<i>spinosum</i>	•	•	•	•	•
	<i>aff. spinosum</i>			• <sup>E</sup>	•	•
<i>Trachymyrmex</i>	<i>sp. 1</i>		• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>
<i>Pachycondyla</i>	<i>villosa</i>	• <sup>E</sup>			• <sup>E</sup>	
<i>Platythyrea</i>	<i>punctata</i>	•	•		• <sup>E</sup>	
<i>Pseudomyrmex</i>	<i>sp. 1</i>	•	•			• <sup>E</sup>
	<i>sp. 3</i>	•	•		•	•
	<i>sp. 4</i>	•	•			• <sup>E</sup>
	<i>sp. 5</i>	• <sup>E</sup>				• <sup>E</sup>

## 9.2. DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DE LA MIRMECOFAUNA POR TIPO DE AMBIENTE Y TEMPORADA DE ESTUDIO

Cuadro 9.18: Composición de especies y grupos funcionales de hormigas en los tres sitios de cada ambiente de estudio, SP.: Selva Primaria, SS.: Selva Secundaria, AM.: Ambientes con Manejo.

Especie	Grupo funcional	Ambiente								
		SP1	SP2	SP3	SS1	SS2	SS3	AM1	AM2	AM3
<i>Azteca sp.</i>	Dolichoderinae dominante		•	•		•	•			•
<i>Dorymyrmex sp. 1</i>	Oportunista							•		
<i>Dorymyrmex sp. 2</i>	Oportunista							•	•	•
<i>Forelius sp.</i>	Dolichoderinae dominante	•	•	•	•		•	•	•	•
<i>Tapinoma sp. 1</i>	Oportunista		•	•	•	•	•			•
<i>Tapinoma sp. 2</i>	Oportunista							•	•	
<i>Eciton sp.</i>	Especialista de Clima Tropical	•								
<i>Neivamyrmex sp. 1</i>	Especialista de Clima Tropical					•				
<i>Neivamyrmex sp. 2</i>	Especialista de Clima Tropical	•	•							
<i>Ectatomma ruidum</i>	Oportunista	•	•	•		•	•			
<i>Gnamptogenys aff. striatula</i>	?	•	•		•					•
<i>Brachymyrmex sp.</i>	Especie Críptica			•	•		•	•	•	•
<i>Camponotus sp. 1</i>	Camponotini Subordinada		•		•	•	•			
<i>Camponotus sp. 3</i>	Camponotini Subordinada			•		•	•			
<i>Camponotus sp. 4</i>	Camponotini Subordinada	•	•	•	•	•	•			
<i>Camponotus sp. 5</i>	Camponotini Subordinada			•		•	•			
<i>Paratrechina longicornis</i>	Oportunista							•	•	
<i>Acromyrmex sp.</i>	Especialista de Clima Tropical			•						
<i>Aphaenogaster sp.</i>	Oportunista				•		•	•		
<i>Atta mexicana</i>	Especialista de Clima Tropical		•					•		
<i>Cephalotes sp. 1</i>	?	•	•	•	•	•				•
<i>Cephalotes sp. 2</i>	?					•	•			
<i>Cephalotes sp. 3</i>	?	•								
<i>Cephalotes sp. 4</i>	?	•	•	•	•	•	•			
<i>Crematogaster sp. 1</i>	Myrmicinae Generalista		•	•						
<i>Crematogaster sp. 2</i>	Myrmicinae Generalista	•						•	•	
<i>Crematogaster sp. 4</i>	Myrmicinae Generalista			•						
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	Especialista de Clima Tropical	•		•			•			
<i>Monomorium ebeninum</i>	Myrmicinae Generalista								•	•
<i>Monomorium floricola</i>	Myrmicinae Generalista							•		
<i>Nesomyrmex pittieri</i>	?	•	•	•	•	•	•			
<i>Pheidole sp. 1</i>	Myrmicinae Generalista	•	•	•	•			•	•	•
<i>Pheidole sp. 2</i>	Myrmicinae Generalista	•		•						
<i>Pheidole sp. 3</i>	Myrmicinae Generalista			•			•			
<i>Pheidole sp. 4</i>	Myrmicinae Generalista	•	•	•	•	•	•	•	•	
<i>Pheidole sp. 5</i>	Myrmicinae Generalista	•	•	•	•	•		•		•
<i>Pheidole sp. 6</i>	Myrmicinae Generalista			•						
<i>Pheidole sp. 7</i>	Myrmicinae Generalista	•		•				•		
<i>Pheidole sp. 8</i>	Myrmicinae Generalista	•								
<i>Pheidole sp. 9</i>	Myrmicinae Generalista		•	•	•	•				•
<i>Solenopsis geminata</i>	Especialista de Clima Cálido			•				•	•	
<i>Solenopsis (Diplorhoptum) sp.</i>	Especie Críptica			•						
<i>Temnothorax subditivus</i>	Especialista de Clima Frío	•		•		•				
<i>Tetramorium simillium</i>	Oportunista							•		
<i>Tetramorium spinosum</i>	Oportunista	•	•		•		•			•
<i>Tetramorium aff. spinosum</i>	Oportunista									•
<i>Trachymyrmex sp. 1</i>	Especialista de Clima Tropical						•			
<i>Pachycondyla villosa</i>	Depredador Especialista			•						
<i>Platythyrea punctata</i>	Depredador Especialista		•		•					
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	Especialista de Clima Tropical	•	•	•	•	•				
<i>Pseudomyrmex sp. 3</i>	Especialista de Clima Tropical	•	•	•	•	•	•			
<i>Pseudomyrmex sp. 4</i>	Especialista de Clima Tropical	•			•					
<i>Pseudomyrmex sp. 5</i>	Especialista de Clima Tropical			•						

Cuadro 9.19: Número de especies registradas por grupo funcional de hormigas de acuerdo al ambiente y la temporada de registro.

	Selva Primaria	Selva Secundaria	Ambientes con Manejo	Temporada Seca	Temporada Lluviosa
Dolichoderinas Dominantes (DD)	2	2	2	2	2
Oportunistas(O)	4	4	9	10	10
Especialistas de Clima Tropical (ECT)	9	6	1	6	10
Especialistas de Clima Cálido (ECC)	1	0	1	1	0
Especialistas de Clima Frío (ECF)	1	1	0	0	1
Especies Críticas (EC)	2	1	1	1	2
Camponotini Subordinadas (CS)	4	4	0	4	4
Myrmicinas Generalistas (MG)	12	5	8	8	14
Depredadoras Especialistas (DE)	2	1	0	2	0
Total	37	24	22	34	43

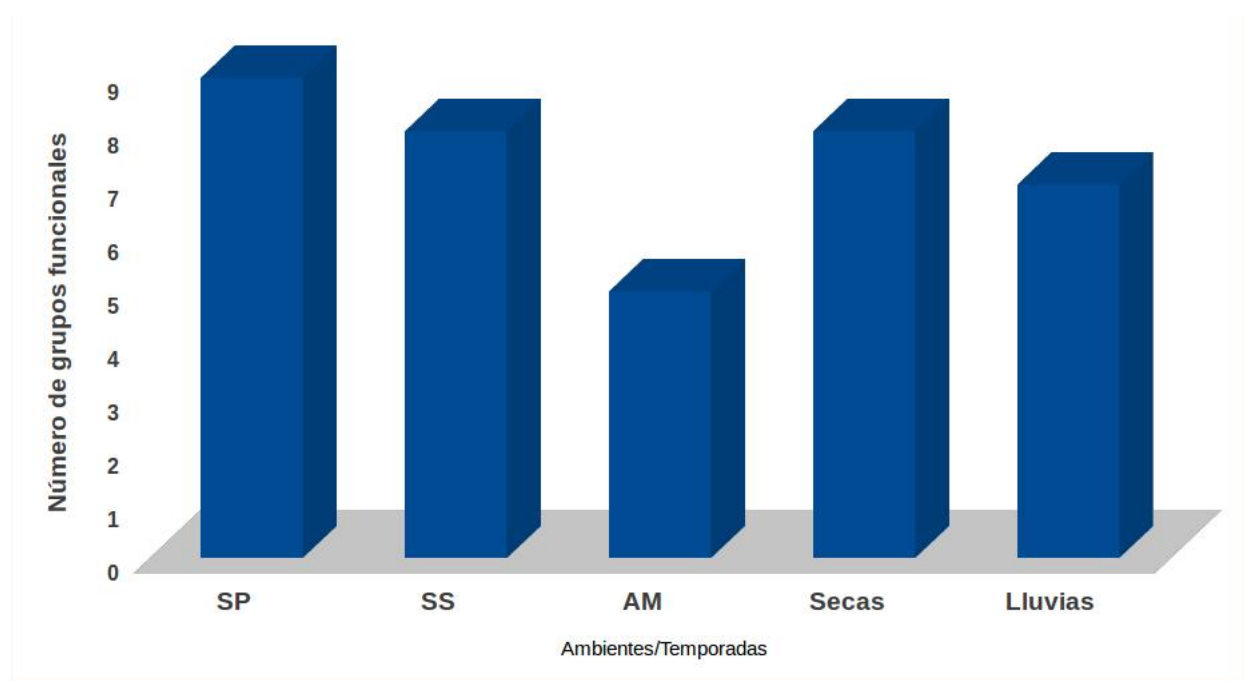


Figura 9.15: Número de grupos funcionales de hormigas registrados por ambiente y temporada de estudio. SP: Selva Primaria, SS: Selva Secundaria, AM: Ambientes con Manejo.

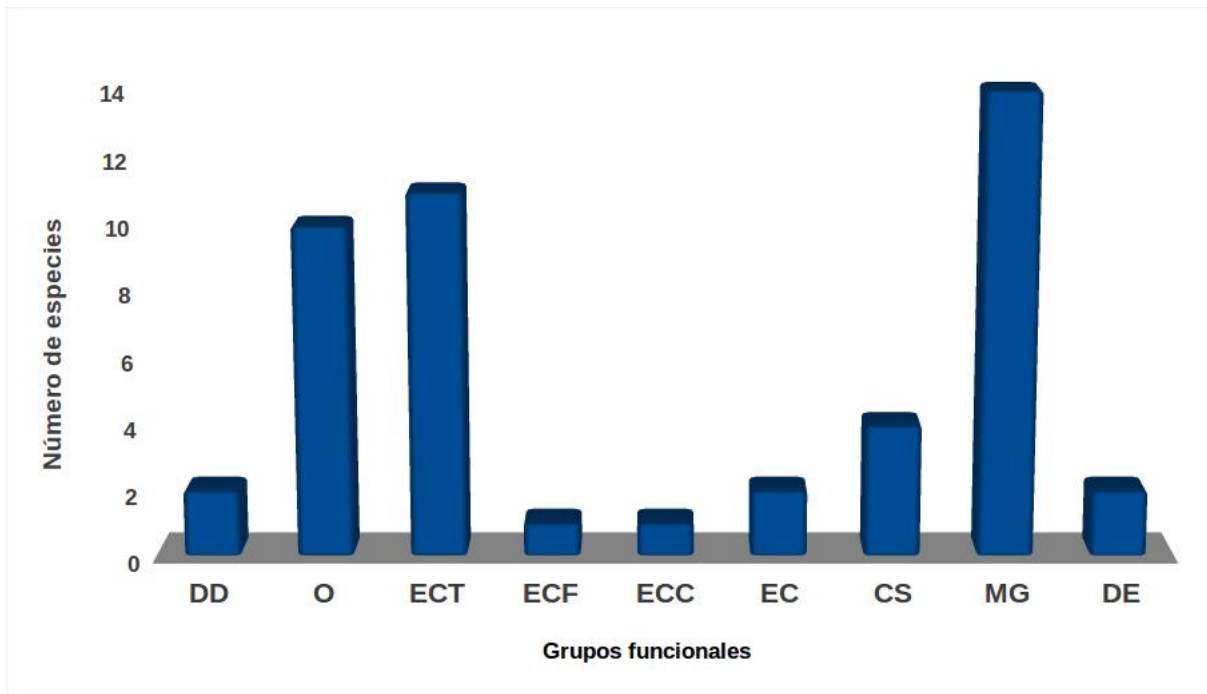


Figura 9.16: Riqueza de especies por grupo funcional de hormigas. DD:Dolichoderinae Dominante, O: Oportunista, ECT/C/F: Especialista de Clima Tropical/Cálido/Frío, EC:Especie Criptica, CS: Camponotini Subordinada, MG: Myrmicinae Generalista, DE: Depredador Especialista

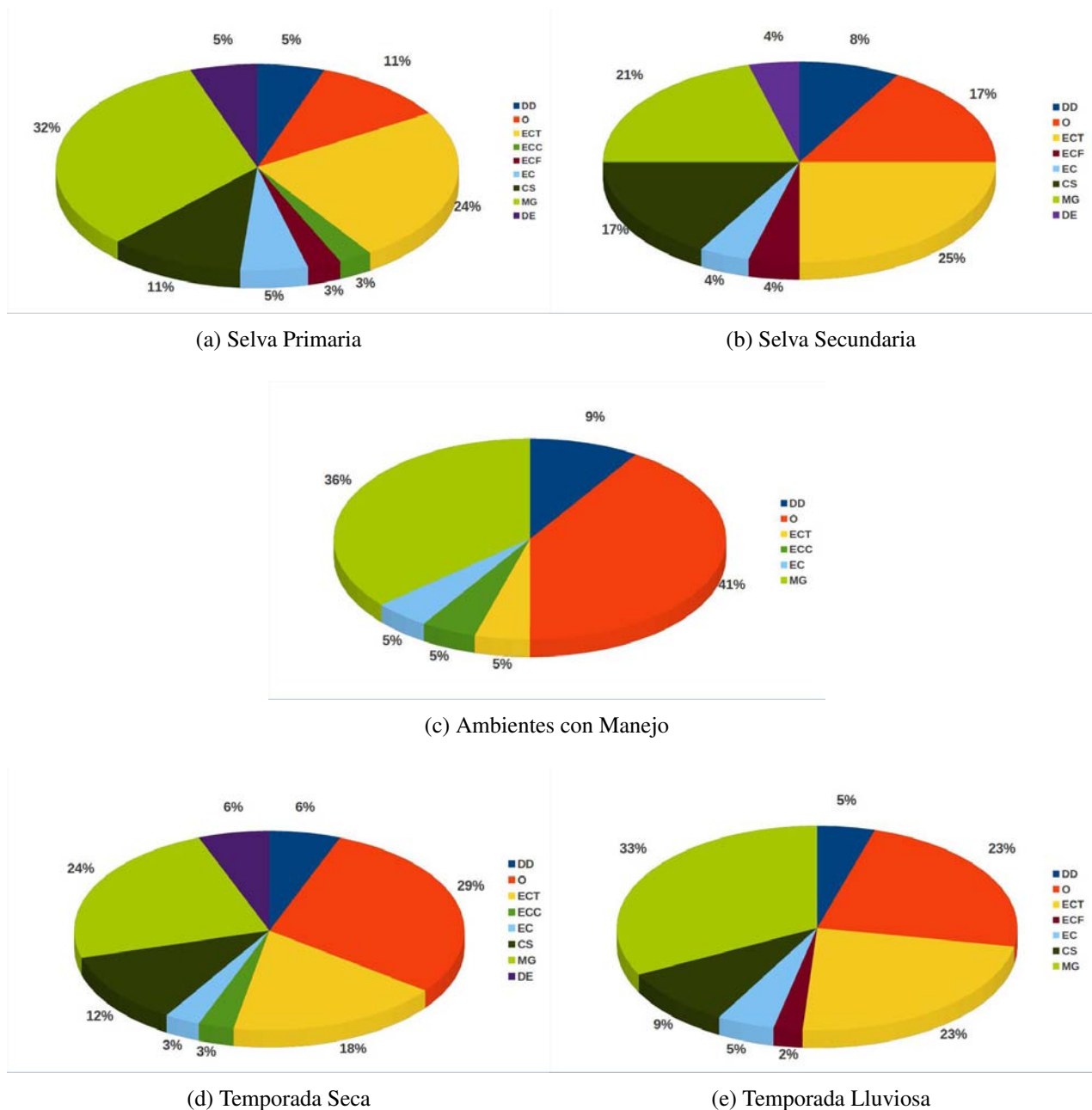


Figura 9.17: Porcentaje de representatividad de los grupos funcionales de hormigas basado en la riqueza de especies por ambiente y temporada. DD:Dolichoderinae Dominante, O: Oportunista, ECT/C/F: Especialista de Clima Tropical/Cálido/Frío, EC:Especie Criptica, CS: Camponotini Subordinada, MG: Myrmicinae Generalista, DE: Depredador Especialista

### 9.2.6 Similitud entre ambientes y temporadas

De acuerdo con la composición de especies y grupos funcionales de hormigas, la selva primaria y secundaria son los ambientes más parecidos con alrededor de 45% de disimilitud; mientras que, los ambientes con manejo presentan una disimilitud del 70% con las selvas primarias y secundarias

(Fig. 9.18 inciso a).

Por otra parte, la agrupación de los sitios de acuerdo con su composición de especies resulta en la formación de dos grupos con el 85% de disimilitud (Fig. 9.18 inciso b).

Uno de los grupos, se encuentra constituido por el pastizal AM1 y la parcela de cultivo AM2, los cuales, se agrupan entre ellos con el 48% de disimilitud.

El otro grupo, incluye de manera mixta a todas las selvas primarias y secundarias junto con el pastizal (AM3); el cual, se separa de las selvas con poco más del 70% de disimilitud. Cabe destacar, que muy próximo al cuadrante de colecta en el pastizal AM3 se encontraba un árbol de parota, razón por la cual, sólo se registró en este sitio (de los tres con manejo) a la especie *Cephalotes sp.1* que presenta hábitos de anidación arborícola.

Conforme la disimilitud entre las selvas es menor, éstas se separan formando subgrupos de selvas; los dos primeros subgrupos que se forman con una disimilitud del 60% son: el de los sitios SP1, SP2 y SS1, y el de los sitios SP3, SS2 y SS3. Posteriormente, éstos subgrupos se separan quedando los sitios, SS2 y SS3, y SP2 con SS1, agrupados como los más parecidos en su composición de especies al presentarse una disimilitud entre ellos de alrededor del 55% y 35%, respectivamente (Cuadros 9.18 y 9.21).

Por otra parte, los resultados del índice de Whittaker (Cuadro 9.20 parte superior), estimado para medir el recambio de especies, son congruentes con los porcentajes de disimilitud obtenidos a través del índice de Jaccard (Cuadro 9.20 parte inferior), en el sentido de que el mayor recambio se establece entre los ambientes con manejo y las selvas primarias; mientras que, entre selvas primarias y secundarias es mucho menor. En relación a los sitios de estudio, el mayor recambio de especies ocurre entre SS2 y los ambientes con manejo AM1 y AM2; mientras que, el menor recambio ocurre entre los sitios de selva SS1 y SP2 (Cuadro 9.21).

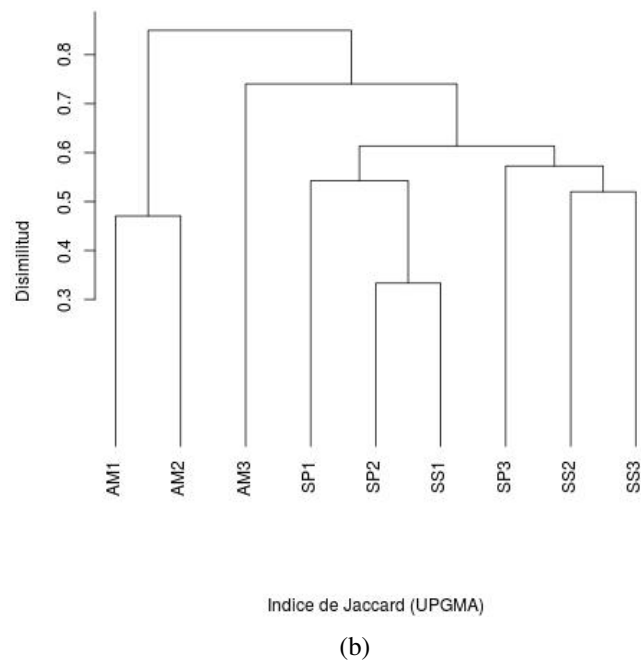
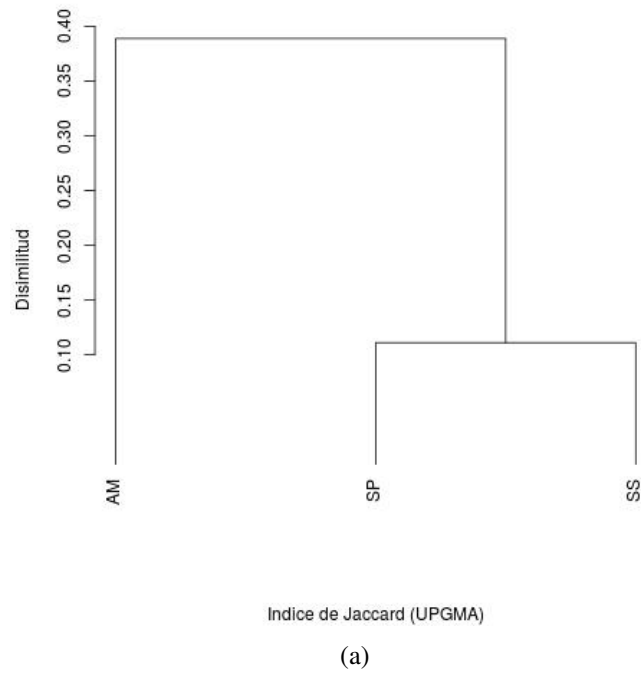


Figura 9.18: Dendogramas de similitud de los ambientes (inciso a) y sitios por ambiente de estudio (inciso b) de acuerdo con su composición de especies y grupos funcionales. SP.:Selva Primaria, SS.:Selva Secundaria, AM.:Ambientes con Manejo.

## 9.2. DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN DE LA MIRMECOFAUNA POR TIPO DE AMBIENTE Y TEMPORADA DE ESTUDIO

Cuadro 9.20: Índice de Whittaker (parte superior) estimado de las comparaciones efectuadas entre los ambientes de estudio de acuerdo con su composición de especies; y porcentajes de disimilitud obtenidos mediante el índice de Jaccard (parte inferior) de acuerdo con su composición de especies y grupos funcionales.

	Selva Primaria	Selva Secundaria	Ambientes con Manejo
Selva Primaria		0.29	0.54
Selva Secundaria	11.11		0.55
Ambientes con Manejo	33.33	44.44	

Cuadro 9.21: Índice de Whittaker (parte superior) y porcentajes de disimilitud obtenidos mediante el índice de Jaccard (parte inferior) de acuerdo con la composición de especies de los sitios por ambiente de estudio.

	SP1	SP2	SP3	SS1	SS2	SS3	AM1	AM2	AM3
SP1		0.36	0.43	0.38	0.51	0.57	0.69	0.76	0.67
SP2	0.53		0.41	<b>0.20</b>	0.33	0.45	0.73	0.81	0.47
SP3	0.61	0.58		0.47	0.38	0.43	0.70	0.75	0.63
SS1	0.55	<b>0.33</b>	0.64		0.41	0.42	0.66	0.72	0.44
SS2	0.68	0.50	0.55	0.58		0.35	<b>0.88</b>	<b>0.93</b>	0.68
SS3	0.73	0.62	0.60	0.59	0.52		0.77	0.79	0.69
AM1	0.82	0.84	0.82	0.79	<b>0.94</b>	0.87		0.31	0.66
AM2	0.86	0.89	0.86	0.84	<b>0.96</b>	0.88	0.47		0.57
AM3	0.80	0.64	0.77	0.61	0.81	0.81	0.79	0.72	



# Discusión

## 10.1 Riqueza

La riqueza de subfamilias y géneros registrada en el presente trabajo tanto a nivel local como en los ambientes de selva y entre temporadas de colecta son consistentes con los reportes de riqueza a nivel global (Ward, 2010) y en el país (Rojas, 1996; Rojas, 2001; Vásquez-Bolaños y Navarrete-Heredía, 2004; Ríos-Casanova, 2014), en los que se reconoce a las subfamilias Myrmicinae y Formicinae, y a los géneros *Pheidole*, *Camponotus* y *Pseudomyrmex*, como los mejor representados en cuanto a su riqueza de especies; la excepción la cumplen los ambientes con manejo en cuanto a que la subfamilia Dolichoderinae y el género *Tetramorium* son los grupos mejor representados en segundo lugar. Este cambio en el nivel de representatividad de subfamilias y géneros en los ambientes más perturbados muestran el efecto que tiene la transformación de los ambientes naturales por actividades humanas sobre el patrón de riqueza de las hormigas, al inducir una presencia importante de grupos que se ven favorecidos por la perturbación del ambiente.

En comparación con otros ecosistemas la riqueza registrada en este trabajo es menor a los valores de riqueza de un bosque mesófilo de montaña y fincas cafetaleras del estado de Veracruz con riqueza de 106 especies, 37 géneros y 6 subfamilias de hormigas (Valenzuela-González *et al.*, 2008), también está por debajo de la riqueza de un bosque lluvioso tropical del estado de Veracruz (Quiroz-Robledo y Valenzuela-González, 1995) que registró una riqueza de 103 especies, 48 géneros y 8 subfamilias; pero es mayor a la riqueza reportada para una zona árida del Valle de Tehuacan en el estado de Puebla en donde se registró una riqueza de 28 especies, 14 géneros y 5 subfamilias (Ríos-Casanova *et al.*, 2004). En comparación con otras selvas secas del estado de Veracruz, la riqueza de géneros y subfamilias registrada en este estudio es muy similar a la reportada por Gove *et al.* (2005), Rojas *et al.* (2014), y a la de un estudio desarrollado bajo condiciones muy similares a las del presente trabajo por García-Martínez *et al.* (2015).

En la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixtla la menor y mayor riqueza de especies (39 y

80, respectivamente) ha sido reportada por Castaño-Meneses (1994; 1997), y la menor riqueza de géneros (30) por Mercado-Uribe (1994). La riqueza registrada en este trabajo presenta valores intermedios entre los registros previos sobre hormigas de la localidad; las diferencias en la riqueza registrada entre el presente trabajo y los estudios previos se pueden deber a los métodos de colecta empleados y a la variación en la cantidad de muestras analizadas entre los diferentes estudios (Ap. Cuadro B.1).

El valor de riqueza estimado para la RBCh-C (127 especies, 50 géneros y 10 subfamilias) generado de la revisión realizada a distintos estudios sobre hormigas de la localidad podría estar subestimado, ya que a pesar de que ésta es una de las localidades del estado de Jalisco en donde se han desarrollado la mayoría de los trabajos relacionados o enfocados al estudio con hormigas aún no existe un conocimiento completo de su mirmecofauna y muchos de los especímenes colectados en estos trabajos han sido catalogados como morfoespecies por lo que se desconocen sus equivalencias entre los estudios. Sin embargo, es posible que de realizarse las correcciones necesarias en la clasificación de dichos ejemplares algunos de estos correspondan a especies distintas con lo que se incrementaría el valor de riqueza estimado hasta el momento.

A pesar de dichas dificultades, el valor de riqueza estimado para la RBCh-C, incrementa en 3 el registro de subfamilias, y en 7 el de especies para el estado de Jalisco (Vazquez-Bolaños y Navarrete-Heredía 2004). Considerando conjuntamente a los registros previos de hormigas en la localidad y la riqueza registrada en el presente trabajo, se ubica al estado de Jalisco si bien no dentro de los estados con la mayor riqueza de hormigas, sí al menos dentro de los estados cuya mirmecofauna es de las menos desconocidas en el país de acuerdo con los datos de riqueza reportados en Ríos-Casanova (2014).

En cuanto a la hipótesis planteada sobre la riqueza de hormigas en relación al ambiente de conservación en el que se desarrollan, a pesar de que las diferencias registradas entre ambientes no fueron significativas es importante señalar que sí se observa claramente una tendencia al incremento de la riqueza conforme el nivel de perturbación del ambiente disminuye; dicha tendencia es más claramente visible conforme la unidad de análisis espacial se incrementa (muestra → sitio → conjunto de sitios pertenecientes al mismo tipo de ambiente), de tal forma que la mayor riqueza se registra a nivel de ambiente y la menor a nivel de punto de colecta. El tema del efecto de la escala sobre los procesos y patrones ecológicos en las comunidades de hormigas ha sido abordado por Andersen (1997a), quien reconoce que la medición de la riqueza, abundancia, diversidad y composición de los grupos de hormigas parece depender fuertemente de la escala espacial de análisis. En un estudio desarrollado a lo largo de un gradiente ambiental en el sureste de Arizona, Andersen (1997a) observó que la riqueza de especies es muy alta a nivel de sitio (escala de hectareas) pero moderada a nivel de punto (escala de metros cuadrados); a partir de tales observaciones concluyó que en cualquier caso de estudio es necesario especificar claramente

la escala espacial que está siendo examinada y no debe suponerse que los resultados generados a una escala pueden ser igualmente aplicados a otras escalas. Por otra parte, una de las razones por las que no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de hormigas entre ambientes de estudio puede deberse al pequeño número de muestras analizadas lo que al parecer generó un número de datos insuficiente para que se logran observar cambios significativos.

En cuanto a la riqueza de hormigas en función de la estacionalidad del ambiente se encontró, como era lo esperado, que ésta es mayor durante la temporada lluviosa; tal respuesta se asocia a la disponibilidad de material vegetal fresco tanto para las hormigas como para otros organismos invertebrados que pueden formar parte importante de la dieta de algunos grupos de hormigas. Levings (1983) menciona que los artrópodos del suelo en áreas más húmedas pueden permanecer activos por períodos de tiempo más largos que aquellos presentes en áreas secas lo que puede incrementar la disponibilidad de presas para las colonias de hormigas residentes. Torchote *et al.* (2010), observó también un menor registro de riqueza de hormigas durante la temporada seca pero atribuyó dicha respuesta al efecto desfavorable de presentarse menor humedad y alta temperatura en el suelo y la hojarasca durante ésta temporada, lo que afecta a las hormigas y sus presas y provoca una disminución en su diversidad, densidad poblacional y en el número de especies.

### 10.1.1 Eficiencia del muestreo

A pesar de que se obtuvo una buena representación de la mirmecofauna de la localidad, la curva de acumulación de especies no alcanzó una asíntota por lo que se considera que el registro de la riqueza de hormigas en la RBCh-C está aún incompleto y se propone continuar colectando para incrementar el listado de las especies.

En relación al registro de la riqueza por ambientes y temporadas, sólo en el caso de los ambientes con manejo se alcanzó una asíntota, por lo que, se sugiere aplicar en futuros trabajos un esfuerzo de colecta diferencial determinado por el grado de perturbación de un sitio y la temporada de colecta.

Se considera que para obtener una mejor representación de la riqueza de hormigas presente en las selvas y en ambas temporadas de estudio se debe de analizar un número de muestras más grande al seleccionado en éste trabajo; en contraste, se considera que con el número de muestras analizadas en este trabajo e inclusive con un número menor, de alrededor de 100 unidades muestrales, se puede obtener una buena representación de la riqueza presente en los ambientes con manejo.

## 10.2 Abundancia y equidad.

El comportamiento de la abundancia de hormigas resultó opuesto a lo observado para la riqueza y diversidad, de manera que, ésta se incrementa conforme aumenta el nivel de perturbación del ambiente resultando en la dominancia de muy pocas especies en los ambientes con el mayor grado de perturbación, razón por la cual, en estos ambientes la equidad resultó ser menor. Por otra parte, la abundancia entre las selvas primarias y secundarias se distribuye de manera más o menos uniforme presentándose una proporción muy similar de especies dominantes y con abundancia media, así como, una proporción baja de hormigas poco abundantes y raras. Estos resultados, concuerdan con lo reportado por Valenzuela-González *et al.* (2008) quienes registraron una disminución en la abundancia de hormigas en función del incremento de la complejidad vegetal en los sitios que estaban mejor conservados.

En cuanto a temporadas de registro, la mayor abundancia se presentó en la temporada lluviosa, mientras que, la equidad entre temporadas resultó ser la misma, lo que indica que las especies que dominan en una temporada también lo hacen en la otra.

El registro de una mayor abundancia de hormigas durante las lluvias, se adjudica al hecho de que en esta temporada se puede encontrar una mayor variedad de recursos, y que por lo tanto, se puede albergar una mayor densidad de individuos.

En los ambientes de selva la abundancia resultó ser muy similar y está concentrada en especies que habitan el dosel, mientras que las especies que dominan los ambientes con manejo en su mayoría son características de ambientes abiertos caracterizados por la presencia de altas temperaturas, situación que puede estar ocurriendo en los pastizales y la parcela de cultivo en los que las variaciones en la temperatura son más marcadas y la incidencia solar a nivel del suelo es mayor debido a la poca cobertura vegetal.

## 10.3 Diversidad

La diversidad de hormigas al igual que la riqueza se ve afectada por la escala espacial de análisis; los resultados de diversidad indican que en un área muestral pequeña los ambientes con manejo presentan una mayor heterogeneidad ambiental lo que permite la presencia de distintas especies en una misma unidad muestral, comparando con la selva primaria que muestra menor diversidad, indicando mayor homogeneidad ambiental en áreas pequeñas.

Conforme la escala de muestreo se amplía, la heterogeneidad ambiental de los ambientes con manejo disminuye, de manera que, las especies presentes en un conjunto de sitios pertenecientes al mismo ambiente son las mismas, provocando que conserven una menor diversidad. Lo contrario ocurre con la selva primaria, ambiente en el que conforme la escala espacial de análisis se

incrementa la heterogeneidad ambiental también, favoreciendo la presencia de una mayor variedad de recursos de anidación y de forrajeo para las hormigas e induciendo de esta manera la presencia de distintas especies con requerimientos tan variados como los recursos disponibles.

Dentro de este patrón de diversidad, las selvas secundarias se ubican siempre en un punto intermedio de diversidad entre la selva primaria y los ambientes con manejo.

Observaciones como éstas, concuerdan con lo observado por Andersen (1997a) en el sureste de Arizona en donde encontró que la riqueza de especies a nivel de punto de colecta fue menor que entre sitios, y el recambio de especies entre puntos resultó ser mucho mayor que entre sitios. Resultados similares fueron registrados por el mismo autor en una Savana del Norte de Australia, en la que encontró que la fauna se concentrada dentro de pequeños cuadrantes (alrededor de 100 especies en cuadrantes de 21 por 24 metros), en comparación con otros cuadrantes en la misma región de estudio; los cuales, contenían subconjuntos anidados de especies en lugar de muchas especies adicionales (Andersen, 1992).

El comportamiento de la diversidad en las comunidades de hormigas ha sido comunmente relacionado con la hipótesis de la complejidad o heterogeneidad ambiental (Lassau, 2004), la cual prevee que los ambientes estructuralmente más complejos tienden a proveer más nichos y oportunidades de forrajeo (Andersen, 1986). En nuestro caso de estudio, las selvas corresponden a ambientes con una mayor complejidad estructural al proveer de una gran variedad de recursos aprovechables como: rocas, hojarasca, ramas secas, troncos, entre otros recursos; los cuales, pueden servir como microhabitats para el establecimiento de hormigueros o como una fuente indirecta de alimento, permitiendo de esta manera a ciertas especies ocupar nichos específicos y disminuir la competencia con otras especies, favoreciendo el incremento de la diversidad. Nuestros resultados concuerdan con otros estudios que han registrado una mayor diversidad de especies en ambientes estructuralmente más complejos o en áreas que difieren significativamente en cuanto a cobertura vegetal, uso de suelo o a factores ambientales como temperatura, humedad o algunas características y propiedades del suelo (Vargas *et al.*, 2007; Vasconcelos, 1999; Torchote *et al.*, 2010 ).

#### **10.4 Composición de especies y grupos funcionales de hormigas**

Al igual que la diversidad y abundancia, la composición de especies y grupos funcionales de hormigas también varían con el nivel de perturbación y la estacionalidad del ambiente lo que se relaciona con las diferencias en la cobertura y estructura de la vegetación.

Las especies mejor representadas en todos los ambientes y en ambas temporadas de estudio corresponden al grupo de las dolichoderinas dominantes (*Forelius sp.*) y de las myrmicinas generalistas mayormente representadas por el género *Pheidole*; éstas especies son de hábitos

generalistas y de amplia distribución geográfica cuya presencia en todos los ambientes y temporadas se explica por su alta plasticidad que les proporciona la capacidad para anidar en diversos sitios y utilizar distintas fuentes de alimento lo que les permite colonizar y sobrevivir en ambientes tan variados (Vasconcelos, 1999); además, son especies moderadamente sensibles al estrés provocado por las bajas temperaturas por lo que pueden llegar a ser abundantes en ambientes altamente sombreados en climas cálidos (Andersen, 1995). *Pheidole* es un género considerado como hiperdiverso y frecuentemente abundante en ambientes de climas cálidos especialmente en la hojarasca y el suelo (Wilson, 2003), razón que explica el porqué éste género registró el mayor número de especies e incluye a algunas de las especies más abundantes de la localidad.

Los ambientes de selva que son los estructuralmente más complejos, presentan la mayor variedad de grupos funcionales de hormigas lo que indica que en estos sitios existe una mayor diversidad de microhabitats para albergar especies de hormigas con distintos requerimientos de anidación y de forrajeo. El grupo de los depredadores especialistas se encuentra presente sólo en estos ambientes pero con una abundancia muy baja, fenómeno comunmente observado en este grupo (Andersen, 1995).

La comunidad de hormigas de los ambientes con manejo está constituida principalmente por especies del grupo de las oportunistas, el cual, presenta el más amplio dominio ambiental de todos los grupos funcionales; las especies que pertenecen a este grupo se ven favorecidas por la perturbación del ambiente y habitan comunmente habitats abiertos con altas temperaturas (Andersen, 1995). Algunas de éstas hormigas se encuentran ausentes del resto de los ambientes estructuralmente más complejos debido a la sombra generada por el dosel, no presentan hábitos especializados por lo que están capacitadas para utilizar una gran variedad de recursos alimenticios y son especies consideradas como ruderales o “pioneras” debido a que son las primeras especies en recolonizar sitios perturbados como pastizales abandonados o bosques en estado temprano de regeneración (Vasconcelos, 1999; Philpott *et al.*, 2010).

A continuación se mencionan las especies o grupos de especies de hormigas que se han asociado a condiciones específicas del ambiente y que son consideradas como indicadores del nivel de perturbación que presenta un sitio.

En un primer caso, la presencia de especies o grupos funcionales de hormigas con hábitos especializados como las hormigas cazadoras del género *Eciton* y las hormigas crípticas cultivadoras de hongos del género *Acromyrmex*, así como, la presencia de algunas especies arborícolas del género *Pseudomyrmex*, *Cephalotes* y *Crematogaster*, podrían considerarse como indicadores de un buen estado de conservación de los ambientes en donde se registre su presencia; puesto que se han registrado únicamente en sitios bien conservados, se concluye que responden de manera muy sensible a la perturbación desapareciendo de ambientes que experimentan niveles intermedios a altos de perturbación. Es evidente, que al remover la cobertura vegetal de un sitio se eliminan

también del ambiente sustratos de anidación como árboles y ramas, y recursos de alimentación como flores y hojas frescas, también disminuyen las poblaciones de otros grupos de artrópodos, lo que en conjunto afecta a los grupos de hormigas que dependen directamente de éstos recursos.

Dentro de las especies de hormigas que han sido identificadas como indicadores de un alto nivel de perturbación del ambiente, se encuentra la “hormiga loca” *Paratrechina longicornis*, considerada como una especie trampa que es comunmente dispersada por el comercio humano y se asocia con los disturbios antropogénicos, es una especie que puede ser muy común en ambientes perturbados o con cierto grado de transformación (Wetterer, 2008). Otra especie es la hormiga de fuego *Solenopsis geminata*, especie trampa con una amplia distribución y alta abundancia que puede aprovechar diversas fuentes de alimento como: semillas, materia orgánica, secreciones azucaradas de insectos (que se alimentan de la savia de las plantas), y pequeños organismos sedentarios (Carrol y Janzen, 1973; Wetterer, 2011); sus hábitos de alimentación son tan voraces que se considera que ésta especie puede llegar a tener un fuerte impacto sobre las poblaciones de plantas y otros artrópodos (Vasconcelos, 1999). Además de encontrarse en los ambientes con manejo, ésta especie también se registró en uno de los sitios de selva primaria con una abundancia absoluta de 8 individuos; la presencia de esta especie así como la baja abundancia registrada en éste sitio de selva plantea la posibilidad de que haya ocurrido algún tipo de disturbio natural o antropogénico de menor impacto en el pasado, a pesar de que no contar con evidencia previa de un evento de este tipo. Por otra parte, la presencia de esta especie en ambientes de selva y bien conservados también ha sido registrada en otros estudios (Wetterer, 2011; Hernández, 2007; Valenzuela-González, 2008), a pesar de que esta especie presenta preferencia por habitar lugares abiertos; la causa de éste comportamiento puede estar relacionada con su amplio espectro de distribución y su gran capacidad para disponer de un amplio rango de recursos lo que la posibilita a habitar casi en todo tipo de ambientes.

Otras especies que también pueden ser consideradas como indicadoras de perturbación del ambiente son las especies *Monomorium floricola* y *M. ebeninum* que fueron registradas sólo en los ambientes con manejo. *M. floricola* es considerada una especie exótica o introducida, ampliamente distribuida en el trópico y subtropico; ocasionalmente puede llegar a provocar problemas en los cultivos, particularmente afecta al gusano de la seda, pero también ha sido registrada en cultivos de palmera de coco en donde se alimenta de las plagas que los afectan (Wetterer, 2010). Cabe mencionar, que en el presente trabajo ésta especie se registró precisamente en un sitio de pastizal que tenía palmeras de coco dentro de la parcela de muestreo, lo que explica su presencia en este ambiente.

Por otra parte, la composición de grupos funcionales resultó ser más variada durante la temporada seca que en la lluviosa, al faltar en esta última el registro de los depredadores especialistas y los especialistas en clima cálido. La presencia exclusiva del género *Eciton* en

la temporada seca contrasta con lo observado en algunos estudios respecto a que la presencia y actividad de las hormigas legionarias y otras hormigas depredadoras resulta ser mayor durante la temporada lluviosa; esto se debe a que las condiciones de humedad y temperatura en el suelo y la hojarasca son más favorables para las hormigas y la fauna que habita el suelo y que sirve de presa a las hormigas (Levings, 1983; Torchote *et al.*, 2010). Considerando éstas observaciones, y debido a que la abundancia de éstas especies en el presente trabajo es realmente muy baja, sólo un individuo en algunos de los casos, se considera que la ausencia de este grupo durante la temporada lluviosa se debe más que nada a la falta de registro con la metodología de muestreo empleada en este trabajo, en conjunción, con la rareza que presentan en todo tipo de ambientes.

Finalmente, el registro de una especie del género *Cephalotes* en el pastizal AM3 debido a la presencia de un árbol de parota dentro del cuadrante de colecta muestra la importancia que tienen los elementos arbóreos para el mantenimiento de la diversidad de hormigas en ambientes que presentan algún tipo de manejo, puesto que representan un recurso potencial de anidación para especies con hábitos de anidación arborícola o que forrajean en el dosel. Observaciones similares han sido realizadas en trabajos como los de Schonberg *et al.* (2004) y Gove *et al.* (2005), quienes identificaron la importancia de los elementos arbóreos aislados como fuentes de conservación de hormigas arborícolas que de otra manera no podrían estar presentes en ambientes pastoriles. La presencia en los ambientes con manejo de otras especies arbóricolas de los géneros *Azteca* y *Tapinoma*, también indican la importancia de la matriz de selva y de los árboles que se ubican alrededor de las parcelas como elementos que ayudan a mantener la riqueza y diversidad de hormigas en los ambientes transformados. En relación a esto, se necesita considerar dentro de los planes de manejo en los sistemas agropastoriles de la zona de estudio, la inclusión en el interior de las parcelas de manejo de elementos arbóreos específicos que funjan como recursos de anidación o como fuente de alimento para ciertos grupos de hormigas, permitiendo de esta manera, el incremento de la riqueza y variedad de especies presentes dentro de estos ambientes.

## 10.5 Similitud entre ambientes y temporadas

La presencia de una sola especie con hábitos de anidación especializados en uno de los pastizales muestra el peso que representa la composición de especies para el agrupamiento de los sitios y ambientes de estudio; puesto que, debido únicamente a la presencia de ésta hormiga en el sitio AM3, éste resultó ser más parecido a las selvas primarias y secundarias que al resto de los sitios con manejo.

Por otra parte, los resultados de similitud observados indican que las selvas primarias y secundarias en estado de regeneración avanzado contribuyen de manera muy similar a la composición de la comunidad de hormigas de la RBCh-C, mientras que, los ambientes con manejo



conforman una comunidad de hormigas muy distinta y en mayor parte conformada por especies oportunistas, por lo que el mayor recambio de especies se establece entre las selvas y los ambientes con manejo.

La alta similitud encontrada entre las comunidades de hormigas de la selva primaria y secundaria puede deberse a dos factores considerados como principales: a la matriz de selva circundante y al tiempo de regeneración de las selvas secundarias.

En el primer caso, se considera que uno de los principales elementos que han contribuido de manera favorable para la recuperación de la diversidad de hormigas en las parcelas en regeneración es que éstas se encuentren inmersas dentro de una matriz de selva con buen estado de conservación que actúa como una fuente cercana de propágulos para la re-colonización de las parcelas abandonadas, facilitando la recuperación de la comunidad nativa de hormigas. Conclusiones similares han generado trabajos en los que se analiza el efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de hormigas, en los que se reconoce la influencia positiva de la distancia a una fuente de colonización y la calidad de la matriz que circunda los fragmentos para la recuperación de las comunidades de hormigas que han sido afectadas por severos disturbios (Philpott *et al.*, 2010).

Respecto al segundo factor, se considera que 25 años de tiempo de regeneración puede considerarse suficiente para que las selvas secundarias alcancen, si bien no una composición florística similar a la de la selva primaria, sí una estructura vegetal muy similar a éstas que permita la presencia de una amplia variedad de recursos disponibles para las hormigas como: hojarasca, troncos caídos, rocas, madera en descomposición, plántulas, entre otros recursos; que modifican las condiciones microclimáticas del ambiente y alteran de manera indirecta la calidad y disponibilidad de los recursos de anidación y de forrajeo para las hormigas. Estos resultados, concuerdan con otros estudios que sugieren que la recuperación de la fauna de hormigas del suelo después del abandono de una parcela puede volverse muy similar a la de los bosques primarios o inclusive puede llegar a re-establecerse casi por completo en algunas décadas o hasta siglos, en algunos casos se ha observado que es posible en menos de 25 años cuando la intensidad de la perturbación es baja y las condiciones del ambiente son propicias (Andersen, 1998; Vasconcelos, 1999; Floren *et al.*, 2001; Neves *et al.*, 2010).

# Conclusiones

Los resultados generados en este trabajo han permitido establecer las siguientes conclusiones:

- El ensamblaje de las comunidades de hormigas que habitan la RBCh-C está determinado espacial y temporalmente, en el primer caso el factor determinante es el nivel de perturbación del ambiente, y en el segundo, la dinámica generada por la misma estacionalidad del ambiente.
- El alto nivel de perturbación que sufre la selva baja caducifolia dentro de la RBCh-C como resultado de su transformación para el desarrollo de actividades agropecuarias tiene efectos perjudiciales sobre las comunidades de hormigas que la habitan, provocando: disminución en la diversidad, favoreciendo la presencia y dominancia de especies de hormigas introducidas, y ocasionando la disminución o desaparición de especies o grupos de especies con hábitos especializados que desempeñan importantes funciones en el ambiente como polinización o control biológico de otros grupos de invertebrados.
- La presencia de elementos arbóreos dentro de las parcelas de manejo, representan un recurso importante para ciertas especies de hormigas que de otra manera no estarían presentes en este tipo de ambientes; tales observaciones, plantean la necesidad de considerar dentro de los planes de manejo de éstos ambientes en la zona de estudio, la inclusión selectiva de elementos arbóreos de importancia para aquellos grupos de hormigas que desempeñan funciones ecológicas importantes dentro del ecosistema, o en su caso, la realización de talas selectivas al momento de clarear un sitio para el establecimiento de parcelas. Lo anterior, con la finalidad de que éstas acciones contribuyan a mantener una estructura vegetal más heterogénea que contribuya a la preservación de la diversidad de hormigas en los ambientes perturbados.
- Se remarca la importancia del buen estado de conservación de la matriz de selva que rodea las parcelas y las zonas en regeneración para que ocurra de manera más favorable la recuperación

de las comunidades de hormigas durante el proceso de regeneración natural de la selva. Se plantea que después del abandono de la actividad agrícola o pastoril dentro de una parcela, 25 años es tiempo suficiente para que se recuperen en gran parte las comunidades de hormigas dentro de éstas, siempre y cuando, las mismas se localicen inmersas o muy cercanas a la matriz de selva conservada.

- Analizar de manera conjunta la abundancia, composición de especies y grupos funcionales de hormigas presente en determinado ambiente, podría ser una forma más robusta de determinar el estado de conservación que presenta un ambiente en comparación con la información generada al incluir únicamente las variables de riqueza o diversidad; hay evidencia que indica que éstos factores se ven más fuertemente afectados por los cambios en el ambiente debido a las alteraciones provocadas por las actividades humanas.
- Por último, se considera que el estudio de las comunidades de hormigas puede proporcionar información clara, relevante y útil para el desarrollo de planes de manejo o trabajos de evaluación ambiental en la zona de estudio, ya que los cambios observados en la diversidad, abundancia y en la composición de las comunidades de hormigas reflejan de manera indirecta el estado de conservación que presenta un ambiente. Los resultados generados de este estudio, se consideran como un punto de partida para establecer hipótesis acerca de las posibles dinámicas e interacciones que se establecen dentro de éstos ambientes e identificar algunos de los elementos que son necesarios para mantener o re-establecer su salud y equilibrio.

# Literatura citada

Agosti, D., J. D. Majer, L. E. Alonso y T. R. Schultz. 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press. 280 pp.

Antbase. *antbase.org*, versión (05/2005).

Alonso, L. E. y D. Agosti. 2000. Biodiversity Studies, Monitoring, and Ants: An Overview. 1-8 pp. *In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso, y T. R. Schultz (eds). Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press.

Andersen, A. N. 1986. Diversity, seasonality and community organization of ants at adjacent heath and woodland sites in southeastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, 34:53-64.

Andersen, A. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review y a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 16:347-357.

Andersen, A. 1992. Regulation of "momentary" diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian seasonal tropics. *American Naturalist*, 140:401-420.

Andersen, A. N. 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life forms in relation to stress y disturbance. *Journal of Biogeography*, 22:15-29.

Andersen, A. N. 1997a. Using ants as bioindicators: multiscale issues in ant community ecology. *Conservation Ecology*, 11:812.

Andersen, A. N. 1997b. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: A comparison with Australia. *Journal of Biogeography*, 24:433 - 460.

Andersen, A. N. 1988. Immediate and longerterm effects of fire on seed predation by ants in sclerophyllous vegetation in southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology*, 13: 285-293.

Andersen, A. N. 2000. Global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to enviromental stress and disturbance. 25-34 pp. *In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso, y T. R. Schultz (eds). Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press.

Andersen, A. N., Hoffmann, B. D., Muller, W. J., y Griffiths, A. D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, 39:8–17.

Andersen, A. N. y J. D. Majer. 2004. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology y the Environment*, 26:291–298.

AntWeb. <https://www.antweb.org>. Último acceso 28 de junio de 2014.

Arcila, A., y Lozano, F. 2003. Hormigas como herramientas para la bioindicación y el monitoreo. 159-166 pp. *In*: F. Fernandez (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Arizmendi, C., H. Berlanga, L. Marquez, L. Navarajo y F. Ornelas. 1991. *Avifauna de la región de Chamela, Jalisco*. Instituto de Biología (Serie Cuadernos No. 4). UNAM. México.

Armbrecht, I. y P. Ulloa-Chacón. 1999. Rareza y diversidad de hormigas en fragmentos de bosque seco colombianos y sus matrices. *Biotropica*, 314:646–653.

Balvanera, P., Castillo, A., y M. Martínez-Harms. 2012. Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests. 259–277 pp. *In*: R. Dirzo, H. Young, H. Mooney, y G. Ceballos, (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Island Press. 1a ed.

Bestelmeyer, B. T., D. Agosti, L. E. Alonso, C. R. F. Brandão, W. L. Brown Jr., J. H. C. Delabie y R. Silvestre. 2000. Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants: An Overview, Description, and Evaluation. 122-144 pp. *In*: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso, y T. R. Schultz (eds). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press.

Blüthgen, N. y H. Feldhaar. 2010. Food y shelter: how resources influence ant ecology. 115–136 pp. *In*: L. Lach, C.L. Parr, y K. L. Abbott (eds.). *Ant ecology*. Oxford University Press.

Bolton, B. 1994. *Identification Guide to the Ant Genera of the World*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press.

Bolton, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 71:1-370.

Bolton, B., Alpert, G., Ward, P., y P. Naskrecki. 2006. *Bolton's catalogue of ants of the world: 1758-2005*. Harvard University Press.

Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Arch. Met. Geaph. Biocl.*, Ser B 36:297-316.

Bullock, S. H. 1988. Rasgos del Ambiente Físico y Biológico de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 77:5-17.

Bullock, S. H. y A. Solís-Magallanes. 1990. Phenology of Canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22:22-35.

Bullock, S. H., Mooney, H. A., y M. Ernesto. 1995. Introducción. 1–8 pp. *In*: S. H. Bullock, H.A. Mooney, y M. Ernesto (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge University Press.

Bustos, H. y Ulloa-Chacón, P. 1996. Mirmecofauna y perturbación en un bosque de niebla neotropical Reserva Natural Hato Viejo, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 443:259–266.

Carroll, C. R., y Janzen, D. H. 1973. Ecology of foraging by ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 231-257.

Castillo, A., Magaña, A., Pujadas, A., Martínez, L., y C. Godínez. 2005. Understying the interaction of rural people with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of México. *Ecosystems*, 86:630–643.

Castaño-Meneses, G. 1994. *Mirmecofauna de Chamela, Jalisco y caracterización de dos especies de Crematogaster con espectroscopias infrarroja por transformación de Fourier*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 67 pp.

Castaño-Meneses, G. 1997. *Características ecológicas de las hormigas en la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 97 pp.

Castaño-Meneses, G. 2014. Trophic guild structure of a canopy ants community in a Mexican tropical deciduous forest. *Sociobiology*, 61:35-42.

Castaño-Meneses, G., y Palacios-Vargas, J. G. 2003. Effects of fire and agricultural practices on neotropical ant communities. *Biodiversity and Conservation*, 12:1913-1919.

Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology, and conservation in neotropical dry forests. 195-220 pp. *In*: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). *Seasonal dry forests*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Ceballos, G. y A. García. 1995. Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forests in western México. *Conservation Biology*, 946:1349–1353.

Ceballos, G. y A. Miranda. 1986. *Los mamíferos de Chamela, Jalisco*. Instituto de Biología, UNAM. México. D. F.

Ceballos, G. y A. Miranda. 2000. *Guía de campo de los mamíferos de las Costa de Jalisco/ A field guide to the mammals of the Jalisco Coast*. Fundación Ecológica de Cuixmala A.C. Instituto de Biología. UNAM. México.

Ceballos G., A. Szekely, A. García, P. Rodríguez y F. Noguera. 1999. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. México.

Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO). Mapa de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. [http : //ww2.oikos.unam.mx/CIEco/comunicacion/index.php?option = com\\_contenttask = viewid = 12Itemid = 192](http://ww2.oikos.unam.mx/CIEco/comunicacion/index.php?option=com_contenttask=viewid=12Itemid=192). Fecha de consulta junio de 2016.

- Colwell, R. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>
- Colwell, R.K. and Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*. 345:101-118.
- Colwell, R. K., C. X. Mao, y J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85:2717-2727.
- Cuezzo, F. 2003. Capítulo 20. Subfamilia Dolichoderinae. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*, 291-297 pp. In: (F. Fernández (ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- De Ita-Martínez, C. 1983. *Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. México, UNAM. 18–140 pp.
- Detenal. 1972. 1975-1976. *Cartas de uso de suelo, geología, suelos, topografía, uso potencial del suelo escala 1:50 000*. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- Dirzo, R. 1992. Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México, In: J. Sarukhán, y R. Dirzo (Comp.) *México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Dirzo, R., Young, H., Mooney, H., y G. Ceballos. 2012. *Seasonally Dry Tropical Forests. Ecology and Conservation*. Island Press. 360 pp.
- Espinosa-Pérez, H., L. Huidobro Campos y P. Fuentes Mata. 2002. Peces continentales de la región de Chamela. 245-250 pp. In: A. F. Noguera, J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México,
- FAO/UNESCO. 1973. *Definiciones de las unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo*. Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos. México,
- Fernández, F. y S. Sendoya. 2004. Lista sinonímica de las hormigas Neotropicales Hymenoptera:Formicidae. *Biota Colombiana*, 5001:3–105.
- Fernández F. (ed.). 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 398 pp.
- Fernández, F. 2003a. Capítulo 21: Subfamilia Formicinae. 299-306 pp. In: (F. Fernández (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Fernández, F. 2003b. Capítulo 22: Subfamilia Myrmicinae. 307-330 pp. In: (F. Fernández (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Floren, A. y K. E. Linsenmair. 2001. The influence of anthropogenic disturbances on the structure of arboreal arthropod communities. *Plant Ecology*, 1531-2:153–167.
- Flores-Maldonado, K., Phillips Jr. S. A., y G. Sánchez-Ramos. 1999. The myrmecofauna

Hymenoptera: Formicidae along an altitudinal gradient in the Sierra Madre Oriental of Northeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 444:457–461.

Flores Mata, G., Jiménez López, J., Madrigal Sanchez, X., Moncayo Ruiz, F., y F. Takaki Takaki. 1971. *Tipos de Vegetación de la República Mexicana*. México. Secretaria de Recursos Hidráulicos. 50 pp.

Folgarait, P. J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7:1221-1244.

García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía. UNAM. México.

García, A. y G. Ceballos. 1994. *Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco/ Field guide to the reptiles and amphibians of the Jalisco coast, Mexico*. Fundación Ecológica de Cuixmala A.C. Instituto de Biología. UNAM. México.

García-Martínez, M. Á., Martínez-Tlapa, D. L., Pérez-Toledo, G. R., Quiroz-Robledo, L. N., Castaño-Meneses, G., Laborde, J., y Valenzuela-González, J. E. (2015). Taxonomic, species and functional group diversity of ants in a tropical anthropogenic landscape. *Tropical Conservation Science*, 8:1017-1032.

García-Oliva, F., E. Ezcurra y L. Galicia. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific coast of Mexico. *Geografiska Annaler Series A. Physical Geography*, 73:179-186.

García-Oliva, J. M. Maass y L. Galicia. 1995. Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic influence on the Pacific coast of Mexico. *Journal of Applied Meteorology*, 34:2491-2498.

García-Oliva, F., A. Camou y J. M. Maass. 2002. El clima de la región central de la costa del Pacífico mexicano. 3-10 PP. In: A. F. Noguera, J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México,

García-Oliva, F. y J. Jaramillo. 2012. Impact of Anthropogenic Transformation of Seasonally Dry Tropical Forests on Ecosystem Biogeochemical Processes. 159–172 pp. In: Dirzo, R., Young, H., Mooney, H., y G. Ceballos. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Island Press, 1a ed.

Gove, A. D., Majer, J. D., y V. Rico-Gray. 2005. Methods for conservation outside of formal reserve systems: the case of ants in the seasonally dry tropics of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation*, 1263:328–338.

Hoffmann, B. y A. Andersen. 2003. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. *Austral Ecology*, 284:444–464.

Hölldobler, B., y Wilson, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press. 732 pp.

Hernández, L. L. 2007. *Efecto de diferentes usos del suelo sobre las comunidades de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la Sierra de Santa Marta, Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de



Licenciatura. Universidad Veracruzana. 80 pp.

Janzen, D. 1988. Tropical Dry Forest. The most endangered major tropical ecosystem. 130–137 pp. *In*: Wilson, E. (ed.), *Biodiversity*. Harvard University Press.

Jáuregui, E. 1967. *Las ondas del Este y los ciclones tropicales en México*. Ingeniería Hidráulica en México 21:197-208.

Jáuregui, E. 1987. *Vulnerabilidad de la costa NW de México a los ciclones tropicales del Pacífico Nororiental*. Memorias de la meteorología, un modelo de cooperación internacional. SARH, México. 9-18 pp.

Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8:151-161.

Kaspari, M. y D. J. Majer. 2000. Using ants to monitor environmental change. 89–98 pp. *In*: Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso, y T. R. Schultz (eds.). *Ants: Standard methods for measuring y monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution.

King, J. R., Andersen, A. N., y Cutter, A. D. 1998. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*, 7:1627-1638.

Lattke, J. E. 2003. Capítulo 16. Subfamilia Ponerinae, 261-276 pp. *In*:(F. Fernández (ed.). *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Lassau, S. A., y Hochuli, D. F. 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, 27:157-164.

Levings, S. C. 1983. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. *Ecological Monographs*, 53:435-455 pp.

Longino, J.T. 2000. What to Do with the data. 186-269 pp. *In*: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso y T. R. Schultz (eds). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution.

Lori, L., Parr, C. L., y K. Abbott. 2010. *Global ant diversity and conservation*. Oxford University Press.

Lott, E. J. 2002. Lista anotada de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. 99-136 pp. *In*: A. F. Noguera, J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México,

Lott, E. J., y T. H. Atkinson. 2002. Biodiversidad y fitogeografía de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 83-97 pp. *In*: A. F. Noguera, J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México,

Lott, E. J., S. H. Bullock, y J. A. Solís-Magallanes. 1987. Floristic Diversity and Structure of

Upland and Arroyo Forest of Coastal Jalisco. *Biotropica*, 19:228-235.

Maass, J. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture y agriculture. 399–422 pp. *In*: S.H. Bullock, H.A. Mooney, y E. Medina, (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge University Press.

Mackay, W. P. y E. E., Mackay. 1989. *Clave de los géneros de hormigas de México (Hymenoptera: Formicidae)*. 36 pp.

MacKay, W. P., Rebeles, M. A., Arredondo, B. H. C., Rodriguez, R. A. D., Gonzalez, D. A., y S. B. Vinson. 1991. Impact of the slashing y burning of a tropical rain forest on the native ant fauna Hymenoptera: Formicidae. *Sociobiology*, 183:257–268.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing. 132 pp.

Majer, J. D., Orabi, G., y L. Bisevac. 2007. Ants Hymenoptera: Formicidae pass the bioindicator scorecard. *Myrmecological News*, 10:69–76.

Mercado-Uribe, I. 1994. *La comunidad de hormigas del suelo del bosque tropical caducifolio de la región de Chamela, Jalisco Hymenoptera: Formicidae*. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. 40 pp.

Miles, L., Newton, A. C., De Fries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., y J.E. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 333:491–505.

Miranda, F. y E. Hernandez-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 823:29–47.

Miranda, A. 1997. *Deforestación y fragmentación del hábitat: consecuencias ecológicas sobre la fauna de mamíferos de la selva tropical estacional*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. B033. México,

Montgomery, D.C. 2004. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Editorial Limusa. México. 2a. edición. 692 pp.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. *Serie Manuales y Tesis SEA*. Vol. 1. 84 pp.

Murphy, P. G. y A. E. Lugo. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 171:67–88.

Neves, F., Braga, R. F., Espírito-Santo, M., Delabie, C. J., Fernandez, W. G., y G.A. Sánchez-Azofeifa. 2010. Diversity of arboreal ants in a Brazilian tropical dry forest: effects of seasonality y successional stage. *Sociobiology*, 561:177.

Núñez-Colín, C.A y Diana Escobedo-López. 2011. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 22: 415-427.

Olson, D. M. y E. Dinerstein. 1998. The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Most Biologically Valuable Ecoregions. *Conservation Biology*, 123:502–515.

Ortíz, T. 2001. *Estructura de la vegetación arbórea en parches de baja diversidad en el bosque tropical seco secundario de la región de Chamela*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Palacio, E. E. 2003. Capítulo 18. Subfamilia Ecitoninae. 281 pp. In: (F. Fernández (ed.)). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Palacio, E.E. y Fernández, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. 233-423 pp. In: F. Fernandez (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Philpott, S. M., Perfecto, I., Armbrecht, I., y C. L. Parr. 2010. Ant diversity y function in disturbed y changing habitats. 137–156 pp. In: L. Lach, C.L. Parr, y K. L. Abbott (eds.). *Ant ecology*. Oxford University Press.

Pescador-Rubio, A., A. Rodríguez-Palafox y F. A. Noguera. 2002. Diversidad y Estacionalidad de Arthropoda. 183-201 pp. In: A. F. Noguera, J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología. UNAM. México,

Quesada, M., Rosas, F., Aguilar, R., Ashworth, L., Rosas-Guerrero, V., Sayago, R., Lobo, J., y Y. Herreras-Diego. 2012. Human Impacts on Pollination, Reproduction, and Breeding Systems in Tropical Forest Plants. 173–193 pp. In: R. Dirzo, H. Young, H.A. Mooney, y G. Ceballos (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests. Ecology and Conservation*. Island Press.

Quiroz-Robledo, L. y J. Valenzuela-González. 1995. A comparison of ground ant communities in a tropical rainforest y adjacent grassy in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *The Southwestern Entomologist*, 203–213.

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.

Rabeling, C., Brown, J. M., y M. Verhaagh. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105:14913–14917.

Ramírez-Bautista, A. 1995. Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Cuadernos del Instituto de Biología No. 23. UNAM. México.

Ríos-Casanova, L. 2014. Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Suplemento 85:S392-S398.

Ríos-Casanova, L., Valiente-Banuet, A., y Rico-Gray, V. (2004). Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20:37-54.

Rodríguez-Palafox, A. y A.M. Corona. 2002. Listado de artrópodos de la región de Chamela, Jalisco, México. 203-234 pp. In: F. A. Noguera, J. H. Vega, A. N. García-Aldrete y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Rojas, P. 1991. *Las hormigas Hymenoptera: Formicidae de la Reserva De la Biósfera de Mapimí, Durango*. Tesis de Maestría. 84 pp.

Rojas, P. 1996. Formicidae Hymenoptera. 483–500 pp. In: Llorente, J., García-Aldrete, A., y E. González (eds.). *Biodiversidad de Artrópodos de México*. UNAM-CONABIO.

Rojas, P. 2001. Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoologica Mexicana*. Número especial 1: 189-238.

Rzedowski, J. 1978. *Bosque tropical caducifolio*. Editorial Limusa, S. A. 1a. ed. 200–214 pp.

Rzedowski, J. 1979. Los bosques secos y semihúmedos de México con afinidades neotropicales. 37–46 pp. In: J. Rabinovich, y G. Halffter (eds.). *Tópicos de Ecología Contemporánea*. Fondo de Cultura Económica.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. 129-144 pp. In: A. Lot, R. Bye, y T. Ramamoorthy (eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press.

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1a. Edición digital. México. 504 pp.

Sarmiento-M, C.E. 2003. Metodologías de estudio y captura de las hormigas. 201-210 pp. In: F. Fernández (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Sánchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Cuevas-Reyes, P., Castillo, A., y G. Sánchez-Montoya. 2009. Land cover and conservation in the area of influence of the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258:907–912.

Schonberg, L. A., Longino, J. T., Nadkarni, N. M., Yanoviak, S. P., y J. C. Gering. 2004. Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropica*, 36:402–409.

Schultz, T. R. y T.P. McGlynn. 2000. The interactions of ants with other organisms. 35-44 pp. In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso y T.R. Schultz (eds.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington.

Soberon, J., y Llorente, J. 1993. The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology*, 7:480-488.

Téllez, G. A., A. Mendoza y G. Ceballos. 1997. Registros notables de mamíferos del oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 2:97-100.

Torchote, P., Sitthicharoenchai, D. y Chaisuekul, C. 2010. Ant species diversity and community

composition in three different habitats: mixed deciduous forest, teak plantation and fruit orchard. *Tropical Natural History*, 10:37-51.

Trejo, I. 1996. Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. Instituto de Geografía, UNAM. *Boletín de Investigaciones Geográficas*, 4:95-109.

Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. 41–51 pp. In: G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinosa, J. Creel Bezaury, y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica.

Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94:133–142.

Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 11:2063–2084.

Underwood, E. C. y B.L. Fisher. 2006. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological Conservation*, 132:166–182.

Valenzuela-González, J., Quiroz-Robledo, L., y Martínez-Tlapa, D. L. 2008. Hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). 107-122 pp. In: R.H. Manson, V. Hernández-Ortíz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INESEMARNAT), Xalapa.

Valverde, T., Meave del Castillo, J., Carabias, L. J., y Z. Cano-Santana. 2005. *Ecología y medio ambiente*. Pearson Educación. 230 pp.

Vargas, A. B., Mayhé-Nunes, A. J., Queiroz, J. M., Souza, G. O., y Ramos, E. F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, 36:28-37.

Vasconcelos, H. L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, 8:407-418.

Vásquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18: 95-133.

Vásquez-Bolaños, M. y J. Navarrete-Heredia. 2004. Checklist of the ants Hymenoptera:Formicidae from Jalisco State, Mexico. *Sociobiology*, 43:351–364.

Ward, P. S. 2003. Capítulo 23: Subfamilia Pseudomyrmecinae. 3313-331 pp. In:(F. Fernández (ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Watkins II, J. 1988. The army ants Formicidae:Ecitoninae of the Chamela Biological Station in Jalisco, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 77:379–393.

Wetterer, J. K. 2008. Worldwide spread of the longhorn crazy ant, *Paratrechina longicornis*

---

(Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 11:137-149.

Wetterer, J. K. 2010. Worldwide spread of the flower ant, *Monomorium floricola* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 13:19-27.

Wetterer, J. K. 2011. Worldwide spread of the tropical fire ant, *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14:21-35.

Wike, L. D., Martin, F. D., Paller, M. H., y Nelson, E. A. 2010. Impact of forest seral stage on use of ant communities for rapid assessment of terrestrial ecosystem health. *Journal of Insect Science*, 10:77.

Wilson, E.O. 1971. *The Insect Societies*. The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts. 548 pp.

Wilson, E.O. 2003. La hiperdiversidad como fenómeno real: el caso de Pheidole: 363-370 pp. In: F. Fernández (ed.) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*.

Wirth, R., Herz, H., Ronald, R., Beyschlag, W., y B. Hölldobler. 2003. Herbivory of leaf-cutting ants: a case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. *Springer Science and Business Media*, Volume 164.

Zar, J.H. 2010. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall. New Jersey. 5a ed. 663 pp.

Zelikova, T. J. y M.D. Breed. 2008. Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 24:309–316.



# Descripción de la mirmecofauna colectada.

## A.1 Subfamilia Dolichoderinae

### *Azteca*

Género ampliamente distribuido desde la zona central de México hasta el noreste de la Argentina, se reconocen alrededor de 30 especies, todas ellas arborícolas. Algunas especies presentan una asociación obligada con plantas del género *Cecropia* (Cuezzo, 2003).

De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una sola morfoespecie:

*Azteca sp.*: Se capturaron 203 hormigas, 199 individuos con colecta manual y 4 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en las tres ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su colecta se les observó forrajeando en los árboles y arbustos.

### *Dorymyrmex*

Género exclusivo del continente americano con más de 80 especies descritas, 72 de las cuales son de distribución neotropical. Las hormigas de este género construyen sus nidos en el suelo, presentan afinidad por los lugares abiertos con poca cobertura vegetal en donde suelen jugar un papel dominante desde el punto de vista ecológico (Cuezzo, 2003). De este género se colectaron individuos pertenecientes a dos morfoespecies:

*Dorymyrmex sp. 1*: Se capturaron 20 hormigas, 14 individuos en trampas de caída y 6 con colecta manual. Esta especie se encontró únicamente en los ambientes con manejo y estuvo presente tanto en la temporada seca como en la lluviosa. Al momento de la captura con colecta manual se les observó forrajeando en el suelo.

*Dorymyrmex sp. 2*: Se capturaron 24 hormigas de esta especie, 14 individuos en trampas de caída y 10 con colecta manual. Esta especie al igual que la *sp. 1* sólo se colectó en los ambientes con manejo y estuvo presente en ambas temporadas de muestreo.

### *Forelius*

La mayoría de las especies de este género habita desde el centro de los Estados Unidos hasta el



centro de México y un grupo es exclusivamente sudamericano, las hormigas de este género anidan siempre en el suelo en ambientes de escasa o nula cobertura vegetal como en las zonas desérticas y semidesérticas (Cuezzo, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una sola morfoespecie:

*Forelius sp.*: Especie presente en las tres ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Se capturaron 1 464 hormigas, 851 individuos en trampas de caída y 613 con colecta manual. Al momento de su captura las hormigas fueron observadas forrajeando en el suelo, la hierba y la hojarasca.

#### *Tapinoma*

Género diverso con distribución mundial, se conocen 95 especies de las cuales 21 son de distribución neotropical, algunas especies presentan asociaciones con áfidos y coccidos (Cuezzo, 2003). De este género se colectaron individuos pertenecientes a dos morfoespecies:

*Tapinoma sp. 1*: Se capturaron 207 hormigas, 203 individuos fueron capturados con colecta manual y 4 en trampas de caída, las hormigas de esta especie se encontraron en las tres ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se observaron forrajeando en el suelo, árboles y arbustos.

*Tapinoma sp. 2*: Se capturaron 142 hormigas de esta especie, 46 con colecta manual y 96 en trampas de caída, esta especie estuvo presente solo en los ambientes con manejo y se encontró en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observó forrajeando en el suelo.

## A.2 Subfamilia Ecitoninae

### Tribu Ecitonini

#### *Eciton*

Es el género más conspicuo de la subfamilia debido a lo notorio de su actividad en el ecosistema, se conocen 12 especies de distribución exclusivamente neotropical. Este grupo de hormigas habita comúnmente tierras bajas y medias y se encuentra con menor frecuencia en tierras altas, especies como *E. burchelli*, *E. mexicanum* y *E. hamatun* presentan una amplia distribución desde México hasta el norte de Argentina (Palacio, 2003). De este género se colectaron individuos pertenecientes a una morfoespecie:

*Eciton sp.*: Se capturó 1 individuo con trampas de caída en sitios de selva baja durante la temporada seca. El nombre de la especie no pudo ser identificado por falta de ejemplares pertenecientes a la casta de los soldados mayores, los cuales son necesarios para identificar este grupo a nivel de especie, pero los ejemplares que fueron colectados podrían corresponder a la especie *Eciton burchelli*.

#### *Neivamyrmex*

Es uno de los género más ricos en especies de la subfamilia con alrededor de 115 especies descritas para el Neotrópico, al parecer es el grupo que presenta el mayor rango de distribución altitudinal pues se ha colectado desde el nivel del mar hasta por arriba de los 3 000 metros (Palacio, 2003).

*Neivamyrmex sp. 1*: Se capturaron 20 individuos con colecta manual en la selva secundaria durante la temporada de lluvias. Al momento de su colecta fueron observadas forrajeando en la hojarasca.

*Neivamyrmex sp. 2*: Hormigas presentes sólo en selva baja primaria y activas en ambas temporadas de muestreo, en total se capturaron 49 individuos de esta especie en trampas de caída.

## A.3 Subfamilia Ectatomminae

Tribu Ectatommini

### *Ectatomma*

Género con 12 especies descritas, que se distribuyen desde el sur de México hasta el norte de Argentina. Hormigas que anidan en el suelo, habitan bosques y sabanas húmedos y secos, son depredadoras generalistas de diversos artrópodos y anélidos, otras son recolectoras de secreciones azucaradas de homópteros, nectarios y líquidos de frutos (Lattke, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una especie:

*Ectatomma ruidum*: Se capturaron 111 hormigas, 14 individuos con colecta manual y 97 en trampas de caída, las hormigas estuvieron presentes en las tres ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su colecta se les observó forrajeando generalmente solas y cerca de las entradas a sus nidos en el suelo.

### *Gnamptogenys*

Género con 81 especies conocidas, cuya distribución va desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, también se encuentra presente en el Paleotrópico. Estas hormigas anidan en madera descompuesta, suelo y hojarasca. Son depredadores con hábitos generalistas algunas se especializan en cazar otras hormigas, coleópteros o diplopodos (Lattke, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una morfoespecie:

*Gnamptogenys aff. striatula*: Especie presente en las tres ambientes de estudio de la cual se colectaron 9 individuos con trampas de caída en la temporada de lluvias.

## A.4 Subfamilia Formicinae

Tribu Plagiolepidini

### *Brachymyrmex*

Hormigas ampliamente distribuidas en la región neotropical con alrededor de 35 especies conocidas; en campo las formicinas pueden ser arborícolas (*Camponotus*, *Myrmelachista*), habitantes del suelo (*Paratrechina*, *Gigantiops*, *Lasiophanes*), hojarasca (*Brachymyrmex*) o subterráneas (*Acropyga*). Algunas presentan asociaciones con plantas (*Myrmelachista*) o con cóccidos (*Acropyga*) (Férrandez, 2003a). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una morfoespecie:

*Brachymyrmex sp.*: Se capturaron 65 hormigas, 43 individuos con colecta manual y 22 en trampas de caída, las hormigas estuvieron presentes en las tres ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observó forrajeando en el suelo.

#### *Paratrechina*

Género cosmopolita con numerosas especies y subespecies descritas, hormigas pequeñas que habitan el suelo en zonas naturales y con disturbios (Férrandez, 2003a). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una especie:

*Paratrechina longicornis* (Latreille): Se capturaron 76 hormigas, 54 individuos con colecta manual y 22 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los ambientes con manejo. Al momento de su captura se les observó forrajeando en el suelo, la hojarasca y la hierba.

#### Tribu Camponotini

#### *Camponotus*

Género muy diverso en la región neotropical con alrededor de 1000 especies, subespecies y variedades descritas. Hormigas de tamaño variable que anidan en el suelo, en la base o en la copa de los árboles, se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud (Férrandez, 2003a). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a cuatro morfoespecies:

*Camponotus sp. 1*: Se capturaron 11 hormigas, 10 con el método de colecta manual y 1 con trampas de caída. Especie presente en selva primaria y secundaria en ambas temporadas de muestreo.

*Camponotus sp. 3*: Se capturaron 9 hormigas, 8 individuos con colecta manual y 1 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria. Al momento de su captura se les observó forrajeando en los árboles y arbustos.

*Camponotus sp. 4*: Se capturaron 55 hormigas en colecta manual. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria. Al momento de su captura se les observó forrajeando en la hierba, los árboles, arbustos y cactus.

*Camponotus sp. 5*: Se capturaron 17 hormigas, 12 individuos en colecta manual y 5 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria. Al momento de su captura se les observó forrajeando en

la hierba y los arbustos.

## A.5 Subfamilia Myrmicinae

### Tribu Attini

Endémica a la región Neotropical, todas las especies de hormigas que pertenecen a este grupo cultivan hongos como fuente de alimentación (Fernández, 2003b)

#### *Acromyrmex*

De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una morfoespecie:

*Acromyrmex sp.*: Se colectaron 28 hormigas en selva baja caducifolia con colecta manual durante ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observó forrajeando en los árboles y llevaban cargando flores y pedazos de hojas.

#### *Atta*

Hormigas defoliadoras que utilizan hojas, frutos, tallos y partes de flores para el cultivo de hongos de los cuales obtienen su alimento, se les conoce también por el nombre de arrieras, parasol, cortadoras de hojas o sauvas (Fernández, 2003b). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una sola especie:

*Atta mexicana*: Se capturaron 38 hormigas, 7 individuos con colecta manual y 31 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y en sitios de selva baja primaria y perturbados. Al momento de su captura se les observó forrajeando en el suelo.

#### *Cyphomyrmex*

Hormigas pequeñas que habitan la hojarasca y nidos en los árboles, se les ha encontrado desde las tierras bajas hasta los 2000 metros de altitud (Fernández, 2003b). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una sola especie:

*Cyphomyrmex rimosus*: Se capturaron 8 hormigas con trampas de caída en sitios de selva baja primaria y selva secundaria durante ambas temporadas de muestreo.

#### *Trachymyrmex*

Hormigas de tamaño mediano y las más parecidas al género *Acromyrmex* (Fernández, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a una morfoespecie:

*Trachymyrmex sp.*: Se capturaron 16 hormigas, 16 individuos con colecta manual y 10 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la selva secundaria y en la temporada de lluvias. Al momento de su captura se les observó forrajeando alrededor de su nido en el suelo.

### Tribu Cephalotini

Tribu endémica de la región Neotropical, hormigas arborícolas y de lento movimiento, se caracterizan por presentar los lóbulos frontales expandidos anterior y lateralmente, especialmente en las hormigas del género *Cephalotes*.

*Cephalotes*

De este género se capturaron hormigas pertenecientes a 4 morfoespecies:

*Cephalotes sp. 1:* Se capturaron 102 hormigas con colecta manual en las tres ambientes de estudio y durante ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en suelo, hojarasca, hierba, árboles y arbustos.

*Cephalotes sp. 2:* Se capturaron 2 hormigas, 1 con colecta manual y 1 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la selva secundaria y durante ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observó forrajeando en árboles y arbustos.

*Cephalotes sp. 3:* Se capturo 1 individuo en selva baja caducifolia con colecta manual, en la temporada de lluvias.

*Cephalotes sp. 4:* Se capturaron 33 hormigas con colecta manual en la selva baja caducifolia y selva secundaria únicamente durante la temporada de lluvias. Al momento de su captura se les observó forrajeando en los árboles, arbustos, lianas y en la hierba.

## Tribu Crematogastrini

Tribu compuesta por numerosas especies que habitan principalmente en los árboles de los trópicos.

*Crematogaster*

Género con más de 200 especies, subespecies y variedades descritas para la región Neotropical . De este género se colectaron hormigas pertenecientes a tres especies:

*Crematogaster sp. 1:* Se capturaron 3 individuos con colecta manual en selva baja caducifolia solo durante la temporada de lluvias.

*Crematogaster sp. 2:* Se capturaron 29 hormigas, 28 individuos con colecta manual y 1 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la temporada de lluvias en selva baja caducifolia y los ambientes con manejo.

*Crematogaster sp. 4:* Se capturo 1 individuo con colecta manual en la selva baja caducifolia durante la temporada de lluvias.

## Tribu Formicoxenini

*Nesomyrmex*

*Nesomyrmex pittieri:* Se capturaron 117 hormigas, 3 individuos con colecta manual y 114 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en la selva baja caducifolia y selva secundaria durante ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en el suelo.

*Temnothorax*

*Temnothorax subditivus:* Se capturaron 5 hormigas con colecta manual en selva baja caducifolia y selva secundaria solo durante la temporada de lluvias. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles y hojarasca.

## Tribu Pheidolini

*Aphaenogaster*

*Aphaenogaster sp.*: Se capturaron 93 hormigas, 22 individuos con colecta manual y 71 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y perturbados. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles, arbustos, suelo y hojarasca.

*Pheidole*

Uno de los géneros más comunes de hormigas de la región Neotropical, habitan principalmente el estrato epígeo y pueden ser muy abundantes localmente (Fernández,2003). De este género se capturaron hormigas pertenecientes a 9 especies:

*Pheidole sp. 1*: Se capturaron 202 hormigas, 74 individuos con colecta manual y 128 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la selva baja caducifolia y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles y la hojarasca.

*Pheidole sp. 2*: Se capturaron 7 hormigas, 2 individuos con colecta manual y 5 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles y arbustos.

*Pheidole sp. 3*: Se capturaron 14 hormigas, 8 individuos con colecta manual y 6 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria. Al momento de su captura se les observo forrajeando en el suelo.

*Pheidole sp. 4*: Se capturaron 140 hormigas, 3 individuos con colecta manual y 140 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en todas las ambientes de estudio y ambas temporadas de muestreo.

*Pheidole sp. 5*: Se capturaron 97 hormigas, 5 individuos con colecta manual y 92 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en todas las ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles, arbustos, hierba y hojarasca.

*Pheidole sp. 6*: Se capturo 1 individuo con colecta manual, en selva baja caducifolia durante la temporada de lluvias.

*Pheidole sp. 7*: Se capturaron 28 hormigas, 24 individuos con colecta manual y 4 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y perturbados. Al momento de su captura se les observo forrajeando en arbustos y la hierba.

*Pheidole sp. 8*: Se capturo 1 individuo en trampas de caída, en selva baja caducifolia durante la

temporada de lluvias.

*Pheidole sp. 9*: Se capturaron 170 hormigas, 12 individuos con colecta manual y 158 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en todas las ambientes de estudio y en ambas temporadas de muestreo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en árboles, arbustos y en la hierba.

Tribu Solenopsidini

*Monomorium*

Género ampliamente distribuido especialmente en el viejo mundo, algunas especies son plagas caseras dispersadas por las actividades humanas. De este género se capturaron hormigas pertenecientes a dos especies:

*Monomorium ebeninum*: Se capturaron 31 hormigas, 22 individuos con colecta manual y 9 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los ambientes con manejo. Al momento de su captura se les observo forrajeando en la hierba.

*Monomorium floricola*: Se capturaron 17 hormigas con colecta manual, en los ambientes con manejo y durante la temporada de lluvias. Al momento de su captura se les observo forrajeando en el suelo.

*Solenopsis*

Género del cual se han descrito alrededor de 90 especies para la región Neotropical y que comprende hormigas de tamaño pequeño que habitan comúnmente la hojarasca (Fernández, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a dos especies:

*Solenopsis (Diplorhoptrum) sp.*: Especie de hormigas pequeñas y conspicuas de la hojarasca. Se capturaron 2 individuos en trampas de caída, en selva baja caducifolia durante la temporada de lluvias.

*Solenopsis geminata*: Perteneciente al grupo de las hormigas del fuego, es una de las especies más estudiadas. Se capturaron 207 hormigas, 146 individuos con colecta manual y 61 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los sitios de selva baja caducifolia y perturbados. Al momento de su captura se les observo forrajeando en el suelo.

Tribu Tetramoriini

Tribu representada principalmente en el viejo mundo con un sólo género en la región neotropical (Fernández, 2003).

*Tetramorium*

Género con 11 especies en América de las cuales cuatro son introducidas. De este género se colectaron hormigas pertenecientes a tres especies:

*Tetramorium simillimum*: Se capturaron 129 hormigas, 2 individuos con colecta manual y 127 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los ambientes con manejo.

*Tetramorium spinosum*: Se capturaron 27 individuos en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y en todas las ambientes de estudio.

*Tetramorium aff. spinosum*: Se capturaron 26 hormigas, 3 individuos con colecta manual y 23 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente en ambas temporadas de muestreo y solo en los ambientes con manejo.

## A.6 Subfamilia Ponerinae

### Tribu Ponerini

Tribu más diversa de la subfamilia con alrededor de 200 especies americanas ampliamente distribuidas en diversos climas y hábitat (Lattke, 2003).

#### *Pachycondyla*

Hormigas depredadoras por excelencia con especies generalistas y especialistas como *P. laevigata* que caza termitas del género *Syntermes*. De tamaño muy variable (alcanzan las tallas más grandes del continente americano), anidan en el suelo, la hojarasca y la madera podrida, en plantas epifitas y en suelo suspendido. Habitan bosques húmedos, secos y de galería en zonas de sabana (Lattke, 2003).

De este género se colecto solo un individuo correspondiente a la especie *Pachycondyla villosa* (Fabricius) en la selva baja caducifolia en la temporada seca. Al momento de su captura la hormiga estaba forrajeando en el suelo y llevaba una termita en las mandíbulas.

### Tribu Platythyreini

#### *Platythyrea*

Género distribuido desde el sur de la Florida en Estado Unidos, México y Sudamérica tropical, incluyendo algunas islas del Caribe. Hormigas que anidan en madera en descomposición o en cavidades de árboles vivos, son muy veloces y se dispersan rápidamente lo cual dificulta su captura, generalmente se colectan sobre los troncos de los árboles en lugares medio abiertos y bien iluminados, aparentemente presentan preferencia por alimentarse de termitas y su picada es muy potente (Brown, 1975 citado por Lattke, 2003). De este género se capturaron hormigas pertenecientes a una sola especie:

*Platythyrea punctata*: Se capturaron 2 hormigas, 1 individuo con colecta manual y 1 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la selva baja caducifolia y en la selva secundaria durante la temporada seca. Al momento de su captura se les observo forrajeando en la parte alta de los troncos de árboles.



## A.7 Subfamilia Pseudomyrmecinae

### Tribu Pseudomyrmecini

Hormigas que habitan principalmente los bosques tropicales y algunas sabanas. Anidan en el estrato arbóreo en cavidades o ramas muertas de plantas, algunas presentan asociaciones obligadas con plantas mirmecófilas comúnmente del grupo de las leguminosas y otras consumen las secreciones azucaradas de algunos coccidos (Ward, 2003).

*Pseudomyrmex* Alrededor de 180 especies conocidas para la región neotropical, algunas pocas se distribuyen hasta los Estados Unidos (Ward, 2003). De este género se colectaron hormigas pertenecientes a cuatro especies:

*Pseudomyrmex sp. 1*: Se capturaron 10 individuos con colecta manual en sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria durante la temporada de lluvias.

*Pseudomyrmex sp. 3*: Se capturaron 15 hormigas, 14 individuos con colecta manual y 1 en trampas de caída. Esta especie estuvo presente únicamente en la selva baja caducifolia y selva secundaria en ambas temporadas de muestreo.

*Pseudomyrmex sp. 4*: Se capturaron 2 individuos con colecta manual en sitios de selva baja caducifolia y selva secundaria durante la temporada de lluvias. Al momento de su captura se les observó forrajeando en los arbustos.

*Pseudomyrmex sp. 5*: Se capturaron 2 individuos con colecta manual en sitios de selva baja caducifolia durante la temporada de lluvias.

Cuadro B.1: Comparación de la riqueza de hormigas reportada en diferentes trabajos realizados en la localidad; se incluye información respecto al tipo de vegetación muestreada, los métodos de colecta empleados y el número de muestras colectadas para cada estudio. SBC= Selva Baja Caducifolia, SS= Selva Secundaria, Pa= Pastizal, Cu= Cultivo, TC= Trampas de caída, Ma= Colecta manual, Hj= Colecta de hojarasca, EB= Embudos de Berlesse, TM=Trampas Malaise, FD= Fumigación de Dosel, ?= no reportado.

	Castaño-Meneses, 1994	Mercado-Uribe, 1994	Castaño-Meneses, 1997	Presente trabajo
Subfamilias	?	6	6	7
Géneros	34	30	30	32
Especies	39	70	80	65
Número de muestras colectadas	?	480	967	936
Vegetación de muestreo	SBC	SBC	SBC y Cu	SBC, SS, Pa y Cu
Método de colecta empleado	EB, TM y FD	TC c/ cebo	EB, TM y FD	TC , Ma y Hj