

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Diversidad y distribución altitudinal de las subfamilias:
Melolonthinae Leach, 1819, Rutelinae Macleay, 1819 y
Dynastinae Macleay, 1819 (Scarabaeidae Latreille, 1802) en el
Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador**

PRESENTADO POR:

KATERIN ALEXANDRA SERRANO CHICAS.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, JULIO DEL 2019.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Diversidad y distribución altitudinal de las subfamilias:
Melolonthinae Leach, 1819, Rutelinae Macleay, 1819 y
Dynastinae Macleay, 1819 (Scarabaeidae Latreille, 1802) en el
Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador**

PRESENTADO POR:

KATERIN ALEXANDRA SERRANO CHICAS.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

DOCENTE ASESOR:

Lic. JOSÉ DAVID PABLO CEA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, JULIO DEL 2019.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

Diversidad y distribución altitudinal de las subfamilias: Melolonthinae Leach, 1819, Rutelinae Macleay, 1819 y Dynastinae Macleay, 1819 (Scarabaeidae Latreille, 1802) en el Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador

PRESENTADO POR:

KATERIN ALEXANDRA SERRANO CHICAS.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR:

Lic. JOSÉ DAVID PABLO CEA



Mtro. RENÉ FUENTES MORAN



Lic. JOSÉ RODRIGO BELLOSO ORELLANA



CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR AGOSTO DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MTRO. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ACADÉMICO

DR. MANUEL DE JESUS JOYA ABREGO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FISCAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

DECANO

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOBA

VICEDECANO

LIC. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGIA

MSc. ANA MARTHA ZETINO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Jehová Dios, que siempre guía mis pasos y es mi fortaleza, sus múltiples bendiciones me permitieron rebasar todos los obstáculos que esta tesis implicó y sin el nada soy, a mis amados padres, a mi hermana, sobrinos y a Francisco Serrano, mi amigo del alma.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres José Enrique Serrano Serrano y Maritza del Carmen Chicas de Serrano por su eterno e incondicional apoyo, gracias por darme la motivación para superarme, y a pesar de las dificultades, siempre se las arreglaron para sacarme adelante aun si eso significaba sacrificar sus propias cosas, ustedes que siempre han sido mi motor para salir adelante y que me han enseñado a nunca rendirme gracias de todo corazón mis amados padres.

A mi asesor José David Pablo Cea, por incentivar me a investigar y ampliar mis horizontes en este trabajo, gracias por ayudarme a embarcarme en esta aventura contra el tiempo, por permitirme aprender juntos y ser mejores investigadores cada día,

Al Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes que apenas conociéndome aceptó darme sus consejos y todos sus conocimientos, y de facilitarme equipo del laboratorio de protección vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador

Al PhD. Ángel Solís, del Departamento de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica por su enseñanza, colaboración y hospitalidad en el proceso de identificación de los especímenes colectados.

Al PhD. German Vega Araya, del Departamento de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica por recibirnos en el museo y encargarse de todos los trámites necesarios para recibir nuestros especímenes para la identificación.

Al M.Sc. René Fuentes Morán y al Lic. José Rodrigo Belloso Orellana, quienes en su labor como jurado me ayudaron, apoyaron y enseñaron como mejorar mi trabajo.

A la Lic. Maritza Guido quien como directora del Parque Nacional Montecristo brindó todo el apoyo logístico necesario con el equipo de guarda recursos y vigilantes en el parque para la realización exitosa de la fase de campo.

Al cuerpo de guarda recursos del Parque Nacional Montecristo, especialmente a Reynaldo, Anibal, Francisco, Fredy, Carlos y Vidal, por brindar apoyo durante todos los muestreos.

A la Lic. Gloria Nohemy López Guerra del Parque Nacional Montecristo por su gran apoyo logístico y colaboración en los muestreos que en gran medida hicieron posible para que los muestreos se llevaran a cabo en su plenitud.

Al Director General de Sanidad Vegetal Douglas Ernesto Escobar Vásquez por su asesoría y apoyo para él envío de los especímenes al Museo Nacional de Costa Rica

A mi amiga Reyna Judith Flores por su apoyo en el muestreo de mis especímenes y por hacer amena las desveladas.

A Diego Fernando Herrera que resaltó la belleza del parque plasmada en fotografía hasta la posteridad en este trabajo y su padre Jorge Herrera por ayudar con el traslado del equipo.

A Francisco Alejandro Serrano Peraza que no tengo palabras para describir lo agradecida que estoy, por su incondicional apoyo, por acompañarme en esta aventura, porque has estado para mí en los buenos y malos momentos, porque cuando no creía sacar la tesis a tiempo tú me animaste a seguir adelante y aliviaste mi estrés, siempre estaré eternamente agradecida.

A mi hermana Karla Maritza Serrano y mis adorados sobrinos, Camila Serrano y Mateo Serrano, ustedes que fueron mi refugio cuando la tensión de la Universidad me acongojaba, me sumergieron en un mundo de risas y de buenos momentos, los extraño en la distancia.

CONTENIDO

Contenido	Número de página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN.....	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
III. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	5
3.1. Grupo de estudio.	5
3.1.1. Subfamilia Dynastinae.	7
3.1.1.1. Antecedentes.	7
3.1.1.2. Características taxonómicas.	8
3.1.1.3. Clasificación.....	9
3.1.1.4. Ciclo de vida.....	9
3.1.2. Subfamilia Rutelinae.	9
3.1.2.1. Antecedentes.	10
3.1.2.2. Características taxonómicas.	11
3.1.2.3. Clasificación.....	12
3.1.2.4. Ciclo de vida.....	12
3.1.3. Subfamilia Melolonthinae.	12
3.1.3.1. Características taxonómicas.	14
3.1.3.2. Antecedentes.	14
3.1.3.3. Clasificación.....	15
3.1.3.4. Ciclo de vida.....	15
3.2. Factores ambientales y gradientes altitudinales.	15
3.2.1. Gradientes ambientales en las montañas.	17
3.2.2. Temperatura.	17
3.2.3. Precipitaciones.	18
3.2.4. Turbulencia y velocidad del viento.	18
3.2.5. Presión atmosférica.	19
3.2.6. Humedad relativa.	19
3.2.7. Decline y cresta de la riqueza de especies con la altitud.	20

IV. METODOLOGÍA	21
4.1. Descripción y ubicación del área de estudio.	21
4.1.1. Hidrología.....	22
4.1.2. Clima y temperatura.	22
4.1.3. Vientos.	22
4.1.4. Suelo.....	22
4.2. Bosques.	22
4.2.1. Descripción de los sitios de muestreo dentro del Parque Nacional Montecristo.....	23
4.2.1.1. Sitio 1 (San José Ingenio).....	23
4.2.1.2. Sitio 2 (Majaditas).....	24
4.2.1.3. Sitio 3 (La Torre).....	24
4.2.1.4. Sitio 4 (Los Planes)	25
4.2.1.5. Sitio 5 (El Nebuloso).....	26
4.3. Fase de campo.	27
4.3.1. Muestreo.....	27
4.3.2. Descripción de las trampas.....	29
4.3.3. Factores físicos.....	31
4.3.4. Manejo de especímenes in situ.....	31
4.4. Fase de laboratorio.	31
4.4.1. Procesamiento de datos.	31
4.4.2. Análisis de datos.....	32
4.4.2.1. Riqueza.....	32
4.4.2.2. Abundancia.....	32
4.4.2.3. Diversidad.	33
4.4.2.4. Diversidad Beta (β).	34
4.4.2.5. Análisis del efecto de las variables medioambientales en Rutelinae, Melolonthinae y Dynastinae.....	35
V. RESULTADOS	37
5.1. Riqueza.....	37
5.2. Análisis temporal: Parque Nacional Montecristo.....	43
5.2.1. Estimadores de Riqueza.	43
5.2.2. Abundancia.....	47
5.2.3. Diversidad.	49
5.2.4. Análisis de Varianza: Kruskal-Wallis.	51
5.3. Análisis espacial: Parque Nacional Montecristo.	52

5.3.1.	Diversidad.....	52
5.3.2.	Análisis de Varianza: Kruskal-Wallis.....	54
5.3.3.	Diversidad Beta.....	55
5.4.	Relaciones entre las variables ambientales (incluida la altura) y la diversidad de escarabajos.....	56
5.5.	Efectividad de las trampas.....	63
5.5.1.	Tipo de luz.....	63
5.5.1.1.	Riqueza.....	63
5.5.1.2.	Abundancia.....	64
5.5.2.	Hora de activación.....	65
5.5.2.1.	Riqueza.....	65
5.5.2.2.	Abundancia.....	66
VI.	DISCUSIÓN.....	68
VII.	CONCLUSIONES.....	74
VIII.	RECOMENDACIONES.....	76
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Morfología de la familia Scarabaeidae, en vista dorsal, imagen tomada de Ratcliffe y Cave (2006).....6
- Figura 2.** Morfología de la familia Scarabaeidae, mostrada en vista ventral. Tomada de Ratcliffe y Cave (2006).....6
- Figura 3.** A) *Cyclocephala deceptor* especie cuyo tamaño va desde los 19.80 a los 28.0 mm de largo B) *Tomarus nasutus*, su coloración es oscura y su tamaño varía entre los 14.0 a 18.0 mm de largo.....7
- Figura 4.** A) al menos una uña de al menos un par de patas es diferente a las otras B) solo una uña de cada pata anterior es diferente que las otras (machos de algunas especies Subfamilia Dynastinae C) uñas simples que caracterizan a la subfamilia Dynastinae D) dos uñas simples en cada pata posterior, Solis (Com. pers.).....9
- Figura 5.** A) *Anomala* presenta pigmentaciones oscuras en la base del pronoto y en los márgenes externos e interno de los élitros B) *Pelidnota strigosa* presenta una coloración tornasol muy brillante característica de algunas especies de Rutelinae.....10
- Figura 6.** A) al menos una uña de al menos un par de patas es diferente a las otras B) una de las uñas de al menos dos patas es más grande o bífida, Solis (Com. pers.)...12
- Figura 7.** A) género *Phyllophaga*, mostrando sus patas alargadas, élitros y alas extendidas para el vuelo B) género *Phyllophaga* con una coloración pardo-oscuro, posado en la trampa de luz blanca.....13
- Figura 8.** A) todas las uñas en todas las patas son similares en forma y tamaño B) poseen uñas dentadas o bífidas, Solis (Com. pers.).....14
- Figura 9.** Ubicación del Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador. Elaborado por Francisco Serrano en Quantum GIS 3.6 con la base cartográfica proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.....21

Figura 10. Árboles de hoja ancha como parte de la vegetación del bosque seco observado donde se colocaron las trampas en el sitio 1 (San Jose Ingenio) a 800 m s.n.m.....	23
Figura 11. Sitio 2 (Majaditas) las trampas en este punto estuvieron dispuestas a una altura de 1066 m s.n.m, entre especies de <i>Pinus</i> y <i>Cupressus</i>	24
Figura 12. Sitio 3 (Torre de incendios) a una altura de 1446 m s.n.m, en este punto se observaron especies de <i>Quercus</i> como parte de la vegetación del bosque de pino-mixto.....	25
Figura 13. Sitio 4 (Los planes) las trampas en este sitio estuvieron colocadas a los 1889 m s.n.m, donde se observa especies de epifitas como parte del bosque pino-mixto.....	26
Figura 14. Sitio 5 a una altura de 2269m s.n.m, donde se deja ver Helechos de gran tamaño vegetación característica del bosque nebuloso.....	27
Figura 15. Mapa del Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m, y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m Elaborado por Francisco Serrano en Quantum GIS 3.6 con la base cartográfica proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.....	28
Figura 16. A) Colocación de trampas de luz en el punto del Nebuloso. B) Trampa de luz en el Parque Nacional Montecristo. C) Disposición de las lámparas de mercurio y ultravioleta encima de las sabanas. D) Captura de escarabajos con la trampa de luz ultravioleta activa desde las 6 pm hasta las 11 pm.....	30
Figura 17. Curvas de acumulación de especies. En azul (Jack 1), en anaranjado (Chao 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	43

Figura 18. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Dynastinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	44
Figura 19. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Melolonthinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	45
Figura 20. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Rutelinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	46
Figura 21. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del parque nacional Montecristo.....	47
Figura 22. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Dynastinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.....	48
Figura 23. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Melolonthinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.....	48
Figura 24. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Rutelinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.....	49
Figura 25. Diversidad de los escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del Parque Nacional Montecristo, en los seis meses de muestreo. A: q^0 = riqueza; B: q^1 = especies abundantes; C: q^2 = especies dominantes. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	50
Figura 26. Abundancia de escarabajos en los seis meses de muestreo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.....	52
Figura 27. Diversidad de los escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del Parque Nacional Montecristo, en las cinco alturas muestreadas. A: q^0 = riqueza; B: q^1 = especies abundantes; C: q^2 = especies dominantes. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.....	53

Figura 28. Promedios de las abundancias de escarabajos en los seis meses de muestreo. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.....	55
Figura 29. Dendograma del índice de similitud de Jaccard. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.....	56
Figura 30. Representación Gráfica del comportamiento de la presión barométrica en relación a los meses de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	57
Figura 31. Representación Gráfica del comportamiento de la presión barométrica en relación a los sitios de muestreo (alturas).....	57
Figura 32. Representación Gráfica del comportamiento de la Humedad relativa en relación a los meses de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	58
Figura 33. Representación Gráfica del comportamiento de la Humedad relativa en relación a los sitios de muestreo (alturas).....	58
Figura 34. Representación Gráfica del comportamiento de la temperatura en relación a los meses de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	59
Figura 35. Representación Gráfica del comportamiento de la temperatura en relación a los sitios de muestreo (alturas).....	59
Figura 36. Representación Gráfica del comportamiento de la velocidad del viento en relación a los meses de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	60
Figura 37. Representación Gráfica del comportamiento de la velocidad del viento en relación a los sitios de muestreo (alturas).....	60
Figura 38. Representación Gráfica del comportamiento de la precipitación en relación a los meses de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	61

Figura 39. Representación gráfica del Análisis de Correspondencia Canónica.....	63
Figura 40. Riqueza capturada en las dos trampas. LUV: Luz ultravioleta; LM: Luz de Mercurio.....	64
Figura 41. Promedios de las abundancias de escarabajos en los dos tipos de luz. LM: Luz de mercurio: LUV: Luz ultravioleta.....	64
Figura 42. Riqueza de escarabajos en las horas de muestreo.....	66
Figura 43. Abundancia de escarabajos en las horas de muestreo.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo.....	27
Tabla 2. Especies de la subfamilia Dynastinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	37
Tabla 3. Especies de la subfamilia Dynastinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m.....	38
Tabla 4. Especies de la subfamilia Melolonthinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	39
Tabla 5. Especies de la subfamilia Melolonthinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m, y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m. (continua en la página siguiente).....	40
Tabla 6. Especies de la subfamilia Rutelinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.....	41
Tabla 7. Especies de la subfamilia Rutelinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m, y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m.....	42

Tabla 8. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies en el Parque Nacional Montecristo.....	43
Tabla 9. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Dynastinae en el Parque Nacional Montecristo.....	44
Tabla 10. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Melolonthinae en el Parque Nacional Montecristo.....	45
Tabla 11. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Rutelinae en el Parque Nacional Montecristo.....	46
Tabla 12. Análisis de diversidad verdadera. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril. Diversidad, q^0 = riqueza; q^1 = especies abundantes (exponencial del índice de Shanon); q^2 = especies dominantes (inverso del índice de Simpson).....	49
Tabla 13. Valores de Kolgomorov-Smirnov, g.l.=grados de libertad. Valores $p>0.05$ indican distribución no normal.....	51
Tabla 14. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p<0.05$ indican diferencias.....	51
Tabla 15. Análisis de diversidad verdadera. Sitios, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m. Diversidad, q^0 = riqueza; q^1 = especies abundantes (exponencial del índice de Shanon); q^2 = especies dominantes (inverso del índice de Simpson).....	52
Tabla 16. Valores de Kolgomorov-Smirnov, g.l.=grados de libertad. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m. Valores $p>0.05$ indican distribución normal.....	54
Tabla 17. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p<0.05$ indican diferencias. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.....	54
Tabla 18. Valores del Índice de similitud de Jaccard. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.....	55

Tabla 19. Resultados de la correlación de Spearman. S: Coeficiente de correlación de Spearman; Rho: medida de correlación.....	62
Tabla 20. Valores del eje y su significancia. (Análisis de Correspondencia Canónica).....	62
Tabla 21. Riqueza capturada. Riqueza específica: especies únicas en cada hora.....	65
Tabla 22. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p < 0.05$ indican diferencias.....	65
Tabla 23. Abundancia capturada. Abundancia específica: especies únicas en cada hora...	66
Tabla 24. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p < 0.05$ indican diferencias.....	67

RESUMEN

El ritmo acelerado con que se modifican los hábitats naturales propicia una pérdida de especies a diferentes niveles geográficos, tanto locales como regionales. Esto hace urgente la necesidad de comprender los patrones y factores que determinan la distribución de las especies, a fin de diseñar estrategias adecuadas para su conservación. En este estudio se investigó la variación de la diversidad y distribución de las Subfamilias Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae a lo largo del gradiente altitudinal en el Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador. Dos trampas de luz ultravioleta y dos de luz blanca fueron colocadas desde los 800 m hasta los 2269 m. Se registraron 103 especies en total, 21 de Dynastinae, 32 de Rutelinae y 50 de Melolonthinae, observándose 75 especies más de las registradas anteriormente en el parque. La cobertura del muestreo fue moderada y comprendió entre los 62 y el 79% de las especies esperadas en el parque, debido principalmente a la estacionalidad del grupo de estudio. Hubo un aumento en la abundancia de los escarabajos en el mes de marzo y abril, meses donde se observaron las primeras lluvias. En cuanto a los efectos en la distribución del ensamblaje estudiado se refleja un patrón de riqueza jorobado, con el 39% de las especies en altitudes intermedias. El ensamblaje de escarabajos fue diferente en cada punto de muestreo y los factores ambientales que se correlacionaron con la riqueza y abundancia de las subfamilias en el parque fueron: la temperatura y la velocidad del viento, con correlación positiva; la presión barométrica y la altura con correlación negativa; donde la humedad relativa no mostro correlación ni con la riqueza ni con la abundancia de escarabajos. El efecto de la altitud en los elementos climáticos y en la distribución del ensamblaje de escarabajos en el Parque Nacional Montecristo. Con respecto a la eficacia entre la luz ultravioleta y la luz de mercurio, en la riqueza de escarabajos registrada no se encontró diferencias significativas, mientras que en la abundancia sí. Las horas de muestreo que afectaron a la riqueza y la abundancia de los especímenes colectados en el parque fueron las 19:00-20:00 donde aumento la abundancia de escarabajos y entre las 19:00-21:00, el periodo de tiempo en el cual se colectaron mayor número de especies.

I. INTRODUCCIÓN

El ritmo acelerado con que se modifican los hábitats naturales propicia una pérdida de especies a diferentes niveles geográficos, tanto locales como regionales. Esto hace urgente la necesidad de comprender los patrones y factores que determinan la distribución de las especies, a fin de diseñar estrategias adecuadas para su conservación (Escalante et al. 1998, Navarro y Sánchez 2002). Esta necesidad es mayor en regiones con alto número de endemismos, donde la pérdida de una sola especie se traduce en una extinción global (Hill et al 2002; Wilson et al. 2005).

Los gradientes altitudinales son idóneos para estudios de conservación. Es conocido que los factores ambientales juegan un papel importante en la distribución de las especies, ya que estas buscan zonas con las condiciones climáticas óptimas para su sobrevivencia. De esta manera, el estudio de los gradientes altitudinales permite analizar la distribución de las especies en función de la complejidad del ambiente físico y biológico, que conforma un mosaico de hábitats en un espacio relativamente pequeño. Esto posibilita el desarrollo de diseños experimentales que evalúen la relación de los factores ambientales con diversas taxas (McCain 2006; Ødegaard 2006; Gutiérrez-Illán 2009; García-López et al. 2012).

Los cambios en la diversidad de especies conforme a los gradientes de elevación presentan diferentes tendencias o patrones tales como: un patrón jorobado con un pico en la riqueza de especies a altitudes intermedias, la existencia de una meseta a bajas altitudes, la disminución de la riqueza de especies con la altitud, el aumento monótono (en raras ocasiones) (Rahbek 1995; Lomolino 2001; McCain 2009, 2010).

Si bien en la actualidad se ha llegado a entender en gran medida estas tendencias y hay cada vez más consenso acerca de los patrones que forjan la distribución altitudinal de las especies, hoy en día no existe una explicación general para ellos. Esto enfatiza el interés de nuevos estudios que nos ayuden a aumentar el conocimiento sobre los factores y procesos relacionados con la distribución, producción y mantenimiento de la biodiversidad en los gradientes de elevación (Lomolino 2001).

Las tendencias altitudinales observadas en la riqueza de especies varían entre grupos de organismos y de área en área. Sin embargo, estudios de diversidad en gradientes altitudinales

en comparación con otras taxas, los insectos son elementos ubícuos de los bosques y constituyen una proporción sustancial de la abundancia y diversidad de especies terrestres y la biomasa y desempeñan un papel importante en el funcionamiento y regulación de diversos procesos ecosistémicos, su pérdida tendría un impacto negativo sobre comunidades enteras. (Colwell et al. 1993).

Dentro de la clase Insecta, los coleópteros son seleccionados para el análisis de diversidad de los bosques, ya que por derecho propio, a través de su alta abundancia y diversidad son utilizados como rica fuente para el planeamiento y manejo conservacionista de áreas naturales y monitoreo de la fauna forestal, porque pueden proveer avisos tempranos sobre cambios ecológicos ya que responden a los cambios ambientales de manera rápida por su sensibilidades a las perturbaciones ambientales (McGeoch 1998).

La selección del hábitat por los escarabajos, parece depender de diferencias en el clima en relación a los gradientes altitudinales (McCain y Gritnes 2010) ya que tanto adultos como larvas están regulados por su sensibilidad a las temperaturas y la humedad, así que modificaciones en los bosques tienen gran efecto sobre sus comunidades porque pueden restringir su distribución y su riqueza, lo que los hace útiles para estudiar la influencia del cambio climático en la biodiversidad (Bubenas et al. 2006).

Los escarabeidos constituyen una de las familias más conspicuas y diversas del orden Coleoptera. Se distribuyen en las principales áreas biogeográficas del mundo, con énfasis en el Neotrópico. Se encuentran en gradientes altitudinales, desde el nivel del mar a los 3000 m. En la actualidad hay alrededor de 30,000 especies descritas, y cada año se describen unas 200 nuevas. Para El Salvador, se citan al menos 219 especies distribuidas en 85 géneros (Endrődi 1985; Triplehorn y Jhonson 2005; Ratcliffe y Cave 2006; Sanabria-García et al. 2012, Pablo-Cea com. pers.).

Algunos de los escarabeidos cuyos hábitos tróficos son de importancia en el análisis del comportamiento de los ecosistemas son las pertenecientes a las subfamilias Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae. Al ser organismos fitófagos y saprófagos, aseguran el éxito reproductivo de especies de plantas al polinizarlas. También funcionan como agentes esenciales para el reciclaje de nutrientes en los bosques ya que fragmentan grandes cantidades

de madera durante su estadio larval (Endrödi 1985; Hardy 1991; Morón et al. 1997; Ratcliffe y Cave 2006).

A pesar de la importancia ecológica del grupo, los estudios realizados en El Salvador, usualmente se enfocan en la riqueza de especies, dejando en un segundo plano el análisis de componentes ecológicos. El objetivo principal de este trabajo es comprender la influencia de los gradientes altitudinales en la diversidad y la distribución de las subfamilias Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae, en el Parque Nacional Montecristo, Santa Ana.

II. OBJETIVOS

General

Comprender la influencia de los gradientes altitudinales en la diversidad y la distribución de las subfamilias Rutelinae, Melolontinae y Dynastinae en época seca, en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador.

Específicos

Conocer el patrón de distribución de la diversidad de los Rutelinae, Melolontinae y Dynastinae a lo largo del gradiente altitudinal, en la época seca, en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador.

Evaluar la influencia de las condiciones atmosféricas en la distribución y diversidad de las tres subfamilias de escarabajos.

Analizar la efectividad del tipo de luz y la hora de muestreo en la captura de escarabajos de las tres subfamilias.

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Grupo de estudio.

La Familia Scarabaeidae Latreille, 1812 es un grupo diverso y cosmopolita de coleópteros que se ha diversificado en la mayoría de los hábitats. Sus hábitos alimentarios son muy diversos, los hay frugívoros, herbívoros, necrófagos, coprófagos, saprófagos, y carnívoros. Presentan formas y tamaños variados, con coloraciones de muy oscuras a brillantes, en ocasiones con reflejos metálicos. La cabeza puede presentar cuernos, poseen antenas lameladas, un pronoto que puede presentar proyecciones, con mandíbulas que no son claramente visibles en vista dorsal (Cave y Ratcliffe 2009).

Siguiendo la clasificación propuesta por Bouchard et al. (2011), dentro de esta familia se incluyen dieciséis subfamilias, entre ellas: Melolonthinae Leach, 1819, Rutelinae MacLeay, 1819 y Dynastinae MacLeay 1819.

Los caracteres morfológicos que distinguen esta familia son antenas lameladas (Fig. 2), cinco tarsómeros en cada pata (fórmula tarsal 5-5-5), protórax altamente modificado para cavar, coxas grandes, mandíbulas grandes y fuertes (Fig.1). Los Scarabaeoidea exhiben una amplia variedad de colores. Presentan una considerable variación en su tamaño, el cual puede ir desde 2 mm hasta 180 mm. La forma del cuerpo es variable, globular a elongada, deprimido o cilíndrico. El dimorfismo sexual es frecuente, donde los machos presentan cuernos o proyecciones en la cabeza y pronoto en forma de cuernos o prominencias notables, o desarrollan patas delanteras o traseras de mayor tamaño, incluyendo los tarsómeros (Deloya et al.2016).

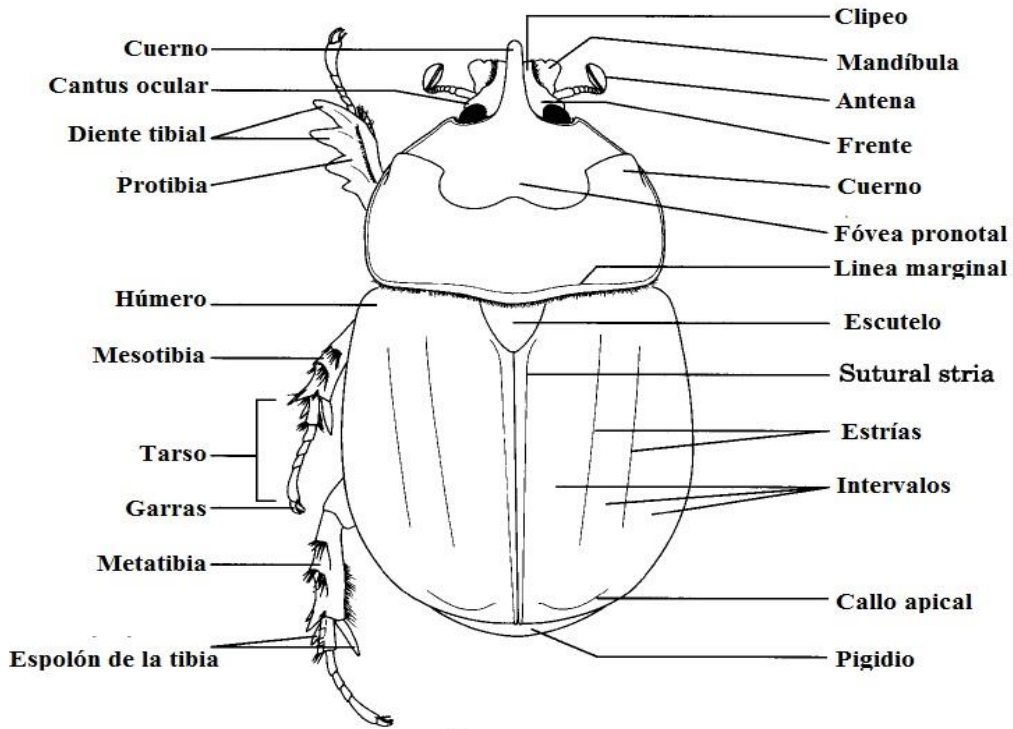


Figura 1. Morfología de la familia Scarabaeidae, en vista dorsal, imagen tomada de Ratcliffe y Cave (2006).

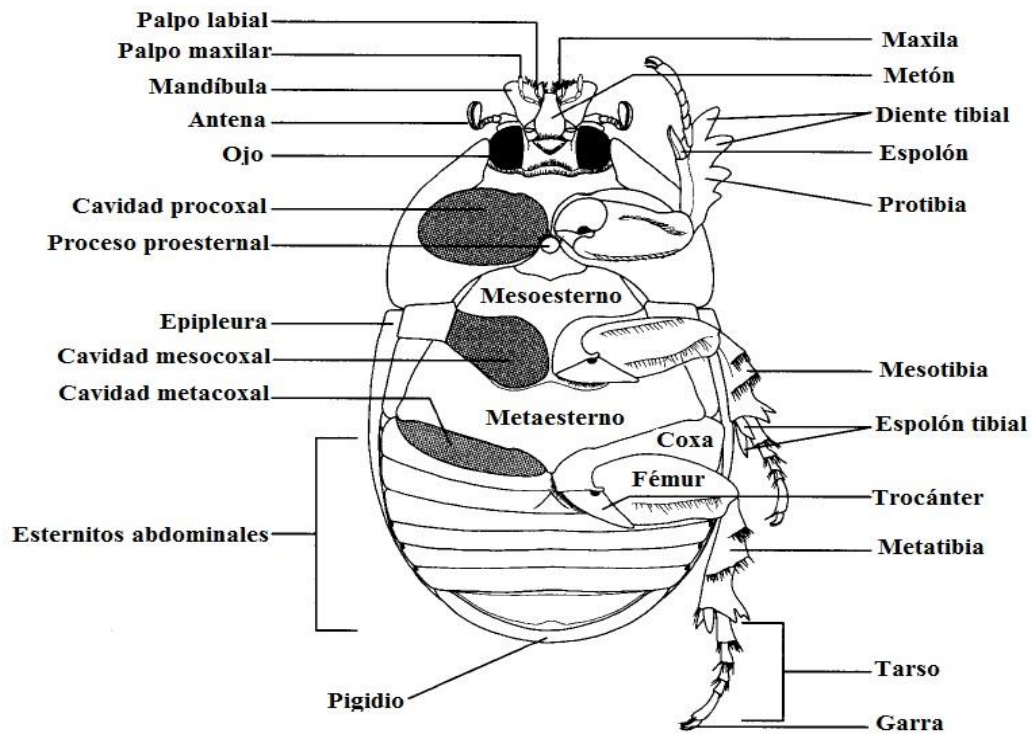


Figura 2. Morfología de la familia Scarabaeidae, mostrada en vista ventral. Tomada de Ratcliffe y Cave (2006).

3.1.1. Subfamilia Dynastinae.

Los adultos de esta subfamilia poseen tamaños diferentes, los hay pequeños (4 mm) hasta muy grandes (160 mm), (Fig. 3 A y B). Permanecen ocultos durante el día alimentándose, reproduciéndose y se dispersan durante la noche. Son de gran importancia como polinizadores de palmeras y especies de Araceae. Las larvas son capaces de fragmentar grandes cantidades de madera durante su alimentación, acelerando enormemente la descomposición y produciendo detritus, colaborando así en el reciclaje de nutrientes (Amat-García y Gasca-Álvarez 2010; Pardo-Locarno y Stechauner 2010; García-López et al. 2012; Ratcliffe y Cave 2014).



Figura 3. A) *Cyclocephala deceptor* especie cuyo tamaño va desde los 19.80 a los 28.0 mm de largo B) *Tomarus nasutus*, su coloración es oscura y su tamaño varía entre los 14.0 a 18.0 mm de largo. Tomadas por Diego Herrera.

3.1.1.1. Antecedentes.

MacLeay estableció el nombre de Dynastinae en 1819. Posteriormente, Endrődi (1985) publicó un manual de identificación de dinástidos del mundo, que contiene una condensación de 22 documentos sinópticos que escribió entre 1966 y 1978, trabajo que permitió la primera clasificación exhaustiva de la subfamilia, así como la habilitación de la identificación a nivel específico (Endrődi 1985, Ratcliffe y Cave 2006, Cave y Ratcliffe 2009).

Además de los trabajos de Endrődi, las tribus de Dynastinae han sido revisadas en varias partes de Europa por varios autores como Arrow (1925), Ferreira (1965), Nakamura (1974)

y Dechambre (1986). Sin embargo, no fue hasta 1888 que Bates tuvo la primera iniciativa de crear un manual para la identificación de los Scarabaeidae mesoamericanos publicado en la serie Biología Centrali-Americana (Arrow 1925; Ferreira 1965; Nakamura 1974; Dechambre 1986; Bates 1888a; Cave y Ratcliffe 2009). A nivel regional, se encuentran los trabajos de Ratcliffe y colaboradores. Como parte de un estudio de tres fases para documentar la distribución taxonómica, geográfica y temporal de todas los Dynastinae en Mesoamérica, se publicaron cuatro tomos en 2003, 2006, 2013 y 2015. En 2003, Ratcliffe publicó el listado de Dynastinae de Costa Rica y Panamá. En 2006, Ratcliffe y Cave publicaron la lista de Dynastinae de Honduras, Nicaragua y El Salvador. En 2013, Ratcliffe, Cave y Cano, publicaron los Dynastinae de México, Guatemala y Belice. Finalmente, en 2015 Ratcliffe y Cave publican los Dynastinae de las Indias Occidentales (Ratcliffe y Cave 2015).

3.1.1.2. Características taxonómicas.

Los dinástidos presentan múltiples características taxonómicas que facilitan su identificación. Entre estas, destacan: mandíbulas fuertes y expuestas en vista dorsal, con los bordes exteriores no cubiertos por el clípeo, antenas con nueve o diez segmentos; la base del escapo esta oculta por la expansión latero-basal del clípeo y el canthus ocular; escutelo visible; cuerpo de forma ovalada, alargado usualmente con el dorso convexo; patas prominentemente robustas; coloración parda oscura, negruzca o rojiza, aunque algunos grupos presentan un amarillo testáceo; manchas o franjas oscuras simétricas; el labro es pequeño, delgado y su borde anterior no sobresale al margen del clípeo; los mesoepímeros están ocultos bajo los ángulos humerales de los élitros; el margen exterior de los élitros es recto o recurvado; las uñas meso y metatarsales sencillas, recurvadas y aguzadas; la longitud corporal varia de los 8 a los 170 mm (Fig. 4 A, B, C, D), (incluyendo las proyecciones cefálicas y pronotales de los machos) (Morón et al. 1997). Suelen ser claramente dimórficos casi en su mayoría y se pueden sexar fácilmente porque los machos tienen el ápice de la última esternita abdominal marcado, mientras que en las hembras, redondeado; poseen un protarso ampliado y tubérculos o cuernos cefálicos o protorácicos agrandados, exhibiendo formas y tamaño variado (Ratcliffe y Cave 2006).

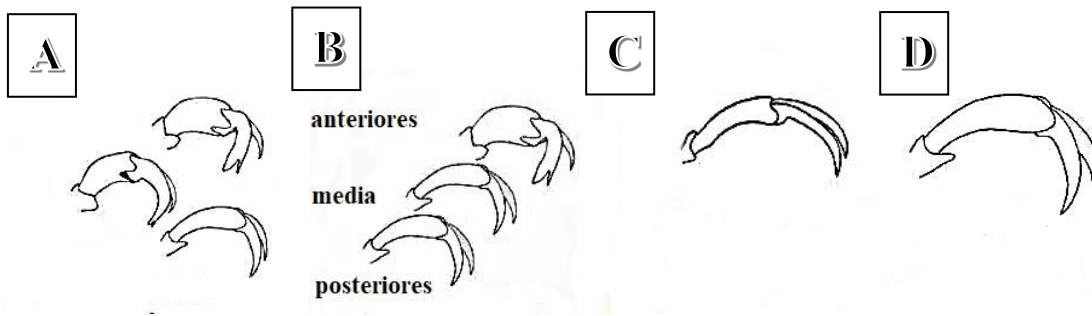


Figura 4. A) al menos una uña de al menos un par de patas es diferente a las otras B) solo una uña de cada pata anterior es diferente que las otras (machos de algunas especies Subfamilia Dynastinae C) uñas simples que caracterizan a la subfamilia Dynastinae D) dos uñas simples en cada pata posterior, Solis (Com. pers.).

3.1.1.3. Clasificación.

Dynastinae tiene alrededor de 1500 especies descritas, está dividida en ocho tribus, seis de las cuales se encuentra en el neotrópico: Cyclocephalini, Pentodontini, Oryctini, Phileurini, Agaoccephalini y Dynastini (Endrődi 1985; Ratcliffe y Cave 2006). Según Ratcliffe y Cave (2006) y Pablo-Cea (com. pers.). En El Salvador las 6 tribus estan distribuidas en 23 generos y 61 especies.

3.1.1.4. Ciclo de vida.

Los estados inmaduros y el ciclo de vida de la mayoría de las especies son desconocidos. Las larvas usualmente tardan 1 a 3 años en desarrollarse y los adultos viven cerca de 75 días. Se ha observado que el tiempo de desarrollo en el caso de *Megasoma elephas* en condiciones de laboratorio es de 2 años en las hembras y machos. Morón y Deloya (2001) describieron su ciclo de vida. Ellos observaron un tiempo de desarrollo de 54 a 58 días para el primer estadio, 130 a 138 días para el segundo, 413 a 751 días para el tercer y 38 a 44 días para la pupa. El periodo reproductivo se cree que puede ser anual o bianual dependiendo de la especie (Ratcliffe y Cave 2014).

3.1.2. Subfamilia Rutelinae.

Está compuesta de aproximadamente 200 géneros y unas 5,000 especies agrupadas en 7 tribus (Bouchard et al. 2011). Los escarabajos de esta familia poseen gran variedad de coloraciones, desde negro, plateado, tonalidades metálicas a colores muy brillantes y diversos estampados (Fig. 5 A y B). En el caso del género *Chrysina* sus colores brillantes se han estudiado por su rara reflexión cuticular de forma circular y su luz polarizada que

aparentemente le sirve para reducir la depredación. Algunos rutelinos poseen mandíbulas en forma de cuerno alargadas (Morón et al. 1997; Jameson 1998).



Figura 5. A) *Anomala* presenta pigmentaciones oscuras en la base del pronoto y en los márgenes externos e interno de los élitros B) *Pelidnota strigosa* presenta una coloración tornasol muy brillante característica de algunas especies de Rutelinae. Tomadas por Diego Herrera.

La subfamilia es más diversa en regiones tropicales. Los adultos son fitófagos o florícolas, las larvas se desarrollan en el suelo, consumiendo raíces, hojarasca o humus. También es frecuente encontrarlas dentro de troncos y cavidades de los árboles, alimentándose de la madera parcialmente descompuesta, o de los detritus acumulados. Algunas especies presentan dimorfismo sexual bien marcado (Machatschke 1972; Morón et al. 1997; Jameson 1998; Sharma et al. 2009; Pye 2010).

3.1.2.1. Antecedentes.

Ohaus contribuyó al estudio de Rutelinae proporcionando la base para la clasificación de la subfamilia por lo que se le conoce como el "Padre de Rutelinae". Proporcionó el primer manual de identificación para la tribu Rutelini y las identificaciones que fueron la base para el trabajo posterior de Machatschke. En su vida (1864-1946), Ohaus publicó más de 80 artículos científicos, incluidas revisiones de muchos géneros, subtribus y tribus; compiló un catálogo de coleópteros para Rutelinae (Ohaus 1918).

Machatschke también contribuyó en gran medida al conocimiento de Rutelinae utilizando principalmente las identificaciones de Ohaus para producir diversos documentos: el *Genera Insectorum on the Orthochilous Rutelinae* (1965); *Anomalini* (1957) y el suplemento del *Coleopterorum Catalogus of the Ruteliriae* (1972). Ha habido otras contribuciones significativas para esta subtribu, de los taxónomos: Arrow (1917), Bates (1888b), Burmeister (1884), Hardy (1974), entre las más actuales, Morón (1994), Jameson (1997) y Jameson y Ratcliffe que en el 2011 publicaron “The Neotropical Scarab Beetle Tribe Anatistini (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae)”.

3.1.2.2. Características taxonómicas.

El cuerpo de los Rutelinae tiene forma ovalada, redondeada, convexa y robusta, en ocasiones muy estilizada, con el dorso muy convexo. Sus patas son fuertes y tienen longitud variable. Su coloración abarca desde el negro intenso y brillante hasta el dorado metálico, pasando por una gama de combinaciones contrastantes o iridiscentes, incluyendo especies completamente blancas. Normalmente el borde exterior de las mandíbulas no está cubierto por el clípeo. La base del escapo antenal está cubierta por el ángulo basal del clípeo. El extremo distal del labro está bien desarrollado, esclerosado y claramente visible. Las metatibias tienen dos espolones en su borde apical inferior. Las uñas tarsales son grandes y su articulación permite un amplio movimiento en sentido dorsoventral. Las dos uñas de cada mesotarso y metatarso tienen diferente longitud, forma y grosor (Fig. 6 A y B). En algunas especies el dimorfismo sexual es mínimo, mientras que en otras se destacan importantes diferencias en el borde externo de los élitros, la placa pigidial, el grosor de los tarsos y las uñas anteriores, o en el desarrollo extraordinario del metatórax y las patas posteriores de los machos. Su longitud corporal varía entre 3 y 60 mm (Morón et al. 1997).

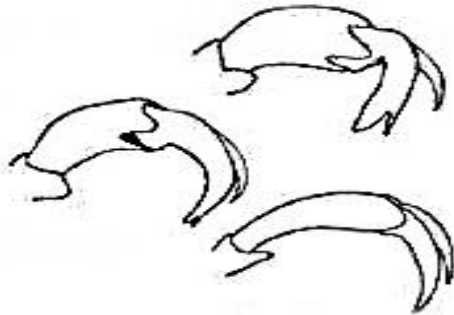
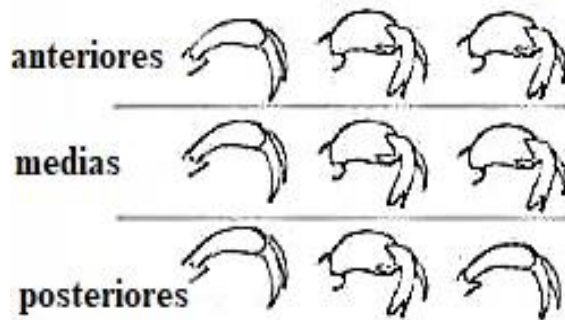
A**B**

Figura 6. A) al menos una uña de al menos un par de patas es diferente a las otras uñas B) una de las uñas de al menos dos patas es más grande o bífida, Solís (Com. pers.).

3.1.2.3. Clasificación.

En todo el mundo se han descrito 3,880 especies de Rutelinae, de las cuales 1,337 se encuentran en la Región Neotropical. La subfamilia se divide en seis tribus, de las cuales Spodochlamyini, Anoplognathini, Geniatiini y Rutelini se encuentran en el neotrópico (Machatschke 1972; Morón 1990; Smith 2003; Jameson 2008).

3.1.2.4. Ciclo de vida.

Se conoce muy poco sobre el ciclo de vida de la subfamilia Rutelinae. Se cree que duran entre uno y dos años como en el caso de *Pelidnota virescens* cuyo ciclo vital en cautiverio se completó en un año. El primer estadio larvario tuvo una duración de 15 días, el segundo, 45 días y el tercero requirió 200 días en promedio para pasar al estado pupal, que transcurrió por 29 días. Los adultos vivieron 31 días en promedio. El periodo reproductivo se cree que tiene un ciclo corto semestral (Morón y Deloya 2001; Amat-García et al. 2005; Pardo-Locarno 2013).

3.1.3. Subfamilia Melolonthinae.

Se distribuye ampliamente en las regiones tropicales, desde el piso térmico cálido hasta el superpáramo (Pardo-Locarno y Rubiano 1994). De acuerdo con Britton (1978) a nivel mundial se conocen cerca de 10,000 especies. Poseen tamaños de 3 a 58 mm de largo en los adultos. Los adultos pueden alimentarse con follaje de diferentes plantas, o con flores, néctar,

polen y rara vez sobre frutos con cáscara suave. Los machos de algunas especies no se alimentan y muestran reducciones en las piezas bucales o en el mesenteron (Morón 1997).

Sus larvas se desarrollan en el suelo, consumiendo raíces, tallos, bulbos, tubérculos o materia orgánica. La región proctodeal del tubo digestivo larvario, en forma de una amplia cámara de fermentación dilatada, desarrollada a partir de un sector del colon, provee una parte importante de los nutrientes para el desarrollo de la larva. La presencia de este rumen implica una baja eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes, que propicia dos factores de importancia ecológica: la necesidad de consumir una gran cantidad de sustrato, y la producción de gran cantidad de heces fecales ricas en nutrientes (Morón 1994).

Los Melolonthinae se reconocen por presentar patas relativamente más largas y delgadas que cualquier otro grupo de escarabajos. El cuerpo tiene forma variable, normalmente es robusto, semicilíndrico, pero también son comunes las especies con el cuerpo esbelto, alargado, con patas muy largas y finas (Fig. 7A), o las especies con cuerpo compacto y patas cortas. Su coloración abarca desde el negro, pardo oscuro (Fig. 7B), pardo rojizo, castaño amarillento, brillantes u opacos, hasta el blanco o el amarillo claro. Son frecuentes las especies con patrones de colores contrastantes, verde, azul, rojo con negro o con blanco, de textura aterciopelada o escamosa, pero raras veces se observan colores metálicos (Morón 1997).

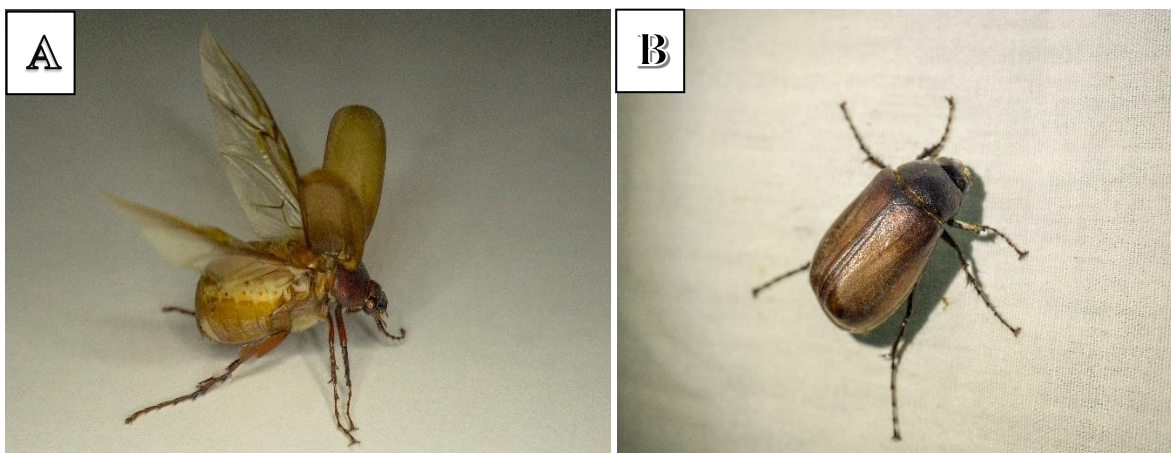


Figura 7. A) *Phyllophaga* mostrando sus patas alargadas, élitros y alas extendidas para el vuelo B) *Phyllophaga* con una coloración pardo-oscuro, posado en la trampa de luz blanca. Tomadas por Diego Herrera.

3.1.3.1. Características taxonómicas.

Los ápices de las piezas bucales generalmente están cubiertos por los bordes del clípeo. La base del escapo antenal queda cubierta por el borde latero-basal del clípeo. El labro está bien desarrollado y normalmente su borde anterior está expuesto por debajo del clípeo. En la mayoría de las especies las mandíbulas están bien desarrolladas y completamente esclerosadas. Los mesoepímeros están completamente cubiertos por la base del húmero elitral. El margen lateral de los élitros es recto, sin escotaduras o seno posthumeral (Ritcher 1966, Morón 1997).

La distancia entre las metacoxas es reducida. Las metatibias tienen uno o dos espolones en su borde apical inferior. Cada par de uñas tarsales normalmente tiene la misma longitud y grosor, con el borde inferior sencillo, aserrado, dentado, pectinado, y el ápice entero o hendido. En muchas especies existe dimorfismo sexual evidente en las proporciones o accesorios de las tibias y tarsos, así como en los esternitos abdominales y la placa pigidial y en la estructura de las antenas. Su longitud corporal varía entre 3 y 58 mm (Ritcher 1966, Morón 1997), todas las uñas en todas las patas son similares en forma y tamaño y son bífidas o dentadas (Fig. 8 A y B).

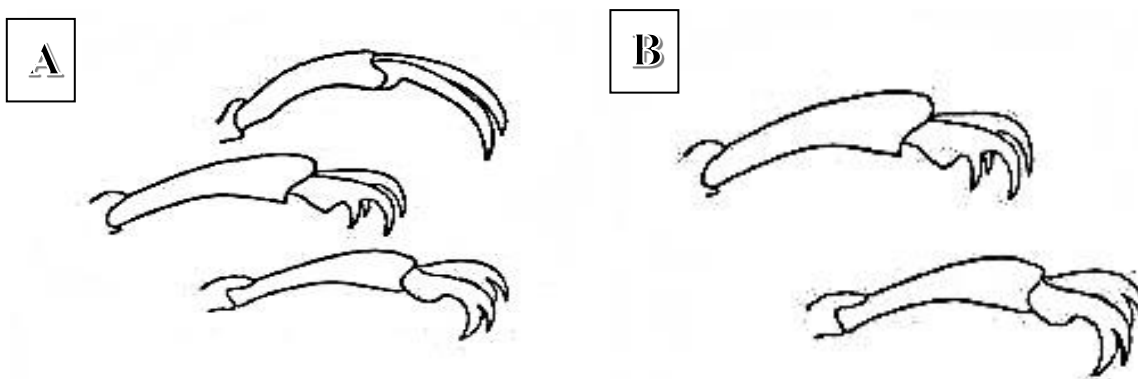


Figura 8. A) todas las uñas en todas las patas son similares en forma y tamaño B) poseen uñas dentadas o bífidas, Solís (Com. pers.).

3.1.3.2. Antecedentes.

Sobre la subfamilia Melolonthinae se ha publicado abundante información taxonómica en diversos trabajos realizados por Saylor (1942, 1945) en los que se registran especies

americanas de la subfamilia. Frey (1964, 1973, 1975) ha realizado publicaciones sobre el género *Phyllophaga* y la tribu Sericini para Sudamérica. Morón (1986, 1997, 2006) y Morón y Woodruff (2008) con publicaciones para Centroamérica. King (1996) presenta un completo trabajo sobre *Phyllophaga* para América Central. Morón et al. (1997) presentaron el “Atlas de los Escarabajos de México”. Neita y Morón (2009) han descrito larvas de la tribu Macroductylini. Pardo- Locarno et al. (2007) hacen descripciones de larva y pupa de *Astaena valida*, e incluye observaciones biológicas para especies de este género. Restrepo et al. (2003) publicaron un catálogo que incluye todas las subfamilias de Melolonthinae para Colombia. Otros trabajos realizados para esta subfamilia son: Haldeman y LeConte 1863; Crotch 1873; Henshaw 1895; Leng y Mutchler 1914; Blackwelder y Arnett 1974; Smith 2001; Jameson y Ratcliffe 2002; Smith y Evans 2005; Mora-Aguilar et al. 2013; Vallejo y Wolff 2013.

3.1.3.3. Clasificación.

A nivel mundial se reconocen cerca de 10,000 especies agrupadas en 18 tribus (Britton 1978, Morón 1997), de las cuales de acuerdo a Pablo-Cea (com. pers.) se reportan, al menos, una tribu, dos géneros y 31 especies para El Salvador.

3.1.3.4. Ciclo de vida.

Se conoce muy poco sobre el ciclo de vida completo de Melolonthinae (Ramírez y Castro 2006). Es probable que la duración del ciclo vital dependa exclusivamente de las condiciones de la temperatura y humedad del suelo en donde se desarrolla la larva y que la filiación de la especie contribuya a determinar la duración del ciclo (Aragón et al. 2005). La mayoría de las especies edafícolas tropicales o subtropicales de Melolonthinae tienen ciclos de vida anuales, aunque en algunos casos son bianuales o trianuales para ser completos, sin poblaciones sobrepuestas, ya que solo se capturan los adultos cada dos años (Rodríguez del Bosque 1996; Triplehorn y Johnson, 2005; Pardo-Locarno et al. 2007).

3.2. Factores ambientales y gradientes altitudinales.

Las actividades humanas amenazan el mantenimiento de la diversidad biológica mediante diversas acciones. Entre estas, están: la alteración del medio ambiente a escala global a través del cambio climático, las prácticas de uso de la tierra, el agotamiento de los recursos y la contaminación (Zaruma 2006).

La evaluación de los impactos del cambio climático acelerado influye en la condición física y la supervivencia de las especies. Las poblaciones de insectos que poseen una rápida respuesta y una gran sensibilidad fisiológica a los cambios de temperatura son indicadores de los patrones de distribución y diversidad que mostrarían la magnitud del cambio climático (Pickett 1989; McGeogh 1998; Allen et al. 2002; Andersen et al. 2002; Sanders et al. 2003; Zaruma 2006; Werenkraut 2010). Para esto, las montañas ofrecen un escenario ideal para el estudio de las relaciones entre cambios ambientales y la diversidad de especies, ya que presentan fuertes variaciones climáticas en distancias relativamente cortas (Lomolino 2001, McCain 2010, Werenkraut 2010). Por ejemplo, el incremento de la rigurosidad climática hacia la cima de las montañas impone restricciones fisiológicas para los insectos los cuales pueden presentar diferentes niveles de tolerancia y adaptaciones a los cambios climáticos. Esto predice un recambio altitudinal en la composición, distribución, riqueza y abundancia de especies (Chown y Nicolson 2004; Hodkinson 2005, McCain y Gritnes 2010).

La forma de la relación entre la riqueza de especies y la altitud es controversial y se ha sugerido la existencia de tres tipos de patrones que explicarían el comportamiento de las especies con forme a los gradientes altitudinales (Rahbek 1995; McCain y Gritnes 2010).

1) Patrón de riqueza monotónico decreciente. En el cual se cree que tanto la disponibilidad de agua como la temperatura disminuyen de manera lineal con la altitud, por tanto, en este tipo de patrón el número de especies disminuyen generalmente monotónicamente con el aumento de la elevación. A pesar que los artrópodos han sido menos estudiados, se ha sugerido que este patrón es el esperado para este grupo de invertebrados (McCoy 1990; Rahbek 1995; McCain y Gritnes 2010).

2) Patrón de riqueza jorobado. En este tipo de patrón la disponibilidad de agua es máxima a altitudes intermedias. Lo que se traduciría en un pico o aumento unimodal en la diversidad de especies a elevaciones intermedias, con 25% o más especies que en la base y la parte superior de la montaña (Rahbek 1995). Esta segunda hipótesis es también explicada por el planteamiento de Colwell y Lees (2000), quienes sugieren que la máxima concentración de especies en altitudes medias puede estar dada por condiciones ecológicas favorables tanto para especies de altas como de bajas altitudes (Colwell y Hurr 1994; Lomolino 2001).

3) Patrón de meseta baja. Tiene consecutivamente alta riqueza través de la parte inferior del gradiente con un máximo diversidad encontrado a más de 300 metros de la base y después de ello la riqueza de especies disminuye. En este patrón se plantea que en las altitudes bajas se concentran mayor cantidad de especies, debido sobre todo, a la estabilidad de las condiciones climáticas (Rahbek 1995, 1997, 2004; McCain 2006; Nogués-Bravo et al. 2008; McCain y Gritnes 2010).

La existencia de patrones surge por diferencias climáticas que determinan variaciones en la disponibilidad de agua a través del gradiente altitudinal; estas variaciones se convierten en un factor que afecta a la diversidad y distribución de los insectos. Distintas especies pueden tener diferentes requerimientos ambientales o adaptaciones fisiológicas para subsistir en climas áridos o húmedos (White 1999; Hodkinson 2005; McCain 2006, 2009).

3.2.1. Gradientes ambientales en las montañas.

Los principales cambios generales observados a medida que se asciende un transecto altitudinal son bien conocidos. Involucran cambios en temperatura, precipitaciones, presión de gases atmosféricos, turbulencia atmosférica, velocidad del viento y entrada de radiación (Barry 1992; Hodkinson 2005). Estos parámetros son fuertemente interactivos y juntos crean la envoltura ambiental dentro de la cual, especies de insectos sobreviven y se reproducen. Además, se combinan para producir una disminución general en la complejidad estructural general del hábitat de los insectos a medida que aumenta la altitud (Hodkinson 2005).

3.2.2. Temperatura.

La disminución de la temperatura con respecto al aumento de la altitud en la atmósfera libre, generalmente se considera entre 5.5 y 6.5 °C por cada 1000 m de ascenso (Anslow y Shawn 2002). La tasa de lapso en las montañas varía significativamente con respecto a la topografía y las condiciones locales y a las circunstancias meteorológicas más amplias (Dodson y Marks 1997; Lookingbill y Urban 2003; Rolland 2003; Hodkinson 2005).

La variación puede resultar de la época del año o del día, el aspecto, la mezcla atmosférica vertical y la velocidad del viento, la humedad atmosférica, la capa de nubes y el balance de radiación de la superficie; por lo tanto, las tasas de lapso pueden diferir (Hodkinson 2005).

Además, las temperaturas dentro de la vegetación o las capas superficiales del suelo pueden diferir significativamente de la temperatura del aire ambiente y esto puede ser cada vez más importante para los insectos a elevaciones más altas (Geiger et al.1995). En general, las especies de insecto pueden experimentar decrecimientos anuales en la temperatura necesaria para su crecimiento y su desarrollo y una mayor exposición a temperaturas extremas a medida que aumenta la elevación. Las temperaturas medias serán más bajas en promedio, lo que significa que los umbrales de temperatura crítica para el crecimiento, el desarrollo y la actividad se superarán con menos frecuencia y durante períodos más cortos (Hodkinson 2005).

Tanto la disponibilidad de agua como la temperatura disminuyen de manera lineal con la altitud, y se sugiere que esto conduce a un patrón de riqueza monotónico decreciente. Por su parte, en montañas de base seca, la temperatura disminuye de manera lineal con la altitud, pero la disponibilidad de agua es máxima a altitudes intermedias, lo que se traduciría en un patrón “jorobado” en la riqueza de especies (McCain 2006; McCain y Gritnes 2010).

3.2.3. Precipitaciones.

La precipitación es un factor importante que afecta la diversidad, distribución y productividad de las plantas hospedadoras de insectos y la naturaleza de los suelos asociados. La precipitación a menudo aumenta significativamente a lo largo de un gradiente altitudinal (Egger y Hoinka 1992).

Esto, a su vez, conduce a un aumento de la lixiviación de nutrientes del suelo o, donde la entrada de lluvia es consistentemente alta, las formaciones de suelos de turba orgánica proporcionan hábitats a las larvas de los escarabajos y que en condiciones de sequía esporádica son altamente susceptibles y puede resultar en la extinción de la población local (Coulson 1962; Hodkinson 2005).

3.2.4. Turbulencia y velocidad del viento.

La velocidad del viento generalmente aumenta significativamente con el aumento de la altitud, pero varía localmente, siendo altamente dependiente de la topografía de la superficie. La velocidad del viento fuerte sostenido tiene implicaciones importantes para los insectos que normalmente realizan actividades de vuelo local de rutina y que pueden llegar a ser arrastrados (Hodkinson et al. 2002).

El impacto del aire en movimiento no siempre es negativo. También puede servir para mover y dispersar insectos alrededor de sus necesidades fisiológicas y además, muchos hábitats montanos reciben una lluvia continua de insectos alóctonos y / o detritus que proporcionan subsidios a la energía que apoyan a las especies residentes (Hodkinson et al. 2002).

3.2.5. Presión atmosférica.

La presión atmosférica, también llamada presión barométrica debido a que se mide con un barómetro, es la presión ejercida por el peso del aire, en el nivel del mar. Un metro cúbico de aire tiene un peso aproximado de 1.25 kilogramos, la densidad del aire disminuye al aumentar la altitud. La presión de la atmosfera no es uniforme. Además de su variación con la altitud también hay variaciones de la presión atmosférica en cualquier localidad, debidas a tormentas en movimiento (Hewitt 2004).

3.2.6. Humedad relativa.

La medida de la cantidad de vapor de agua en el aire se llama humedad (masa de agua por volumen de aire). La humedad relativa es la relación de la cantidad de agua que contiene el aire en ese momento a determinada temperatura. Entre la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener a esa temperatura (Hewitt 2004).

El aire que contiene todo el vapor que puede contener se llama saturado. La saturación tiene lugar cuando la temperatura del aire y las moléculas de vapor de agua en ese aire comienzan a condensarse. Las moléculas de agua tienden a unirse entre sí. Sin embargo, debido a que sus rapidezces promedio del aire son altas, la mayor parte de ellas no se unen entre si al chocar. En vez de ello esas moléculas veloces rebotan y regresan cuando chocan y así permanecen en la fase gaseosa. Empero, algunas moléculas se mueven con más lentitud que otras y es más probable que las lentas se unan entre sí al chochar. Entonces, las moléculas de agua más lentas son las que con más probabilidad se condensaran y formaran gotas de agua en el aire saturado. Debido a que las menores temperaturas del aire se caracterizan por moléculas más lentas, es más probable que haya saturación y condensación en las bajas temperaturas atmosféricas que en las altas temperaturas. Las altas temperaturas pueden contener más vapor de agua que las bajas temperaturas (Hewitt 2004).

3.2.7. Decline y cresta de la riqueza de especies con la altitud.

Tres son las razones que explican el decline de la riqueza de especies al aumentar la altitud: 1) reducción en la diversidad de recursos cuando los habitats disminuyen en área conforme aumenta la altitud, 2) reducción de la productividad primaria en altitudes elevadas y 3) aumento de ambientes hostiles y extremos con la altitud (Lawton et al. 1987; Sandoval-Mojica y Fagua 2006).

Mientras que para explicar la cresta de la riqueza de especies en altitudes medias se plantean dos procesos:

El primero enfatiza la restricción ambiental sobre la distribución de las poblaciones de insectos “los finales son malos”. Los límites superiores de la distribución de las especies están establecidos principalmente por la severidad climática y la restricción de recursos, mientras que los límites inferiores están determinados esencialmente por la veledad del clima y la depredación (Randall 1982; McCoy 1990; Gutierrez y Menendez 1995; Sandoval-Mojica y Fagua 2006).

El segundo proceso, indica que hay un incremento de recursos disponibles en altitudes intermedias. Las tasas fotosintéticas y respiratorias de las plantas son mayores en altitudes bajas y menores en altitudes elevadas. Como resultado, la acumulación neta de compuestos fotosintéticos es superior en altitudes medias, por tal motivo se presume que “la mitad es buena” (Janzen 1976; Rahbek 1995).

El aumento de la productividad primaria neta en estos niveles altitudinales intermedios se debe a que las plantas emplean pocas sustancias químicas resultado de la fotosíntesis en la respiración nocturna. Esto, debido a que la temperatura del periodo nocturno no es tan alta como en las tierras bajas ni tan baja como en las cumbres montañosas, Lo que provee a los insectos herbívoros un recurso base mayor, que incrementa sus densidades poblacionales y la de los insectos omnívoros y carnívoros (Janzen 1976; Rahbek 1995; Sandoval-Mojica y Fagua 2006).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Descripción y ubicación del área de estudio.

El Área Protegida Trinacional Montecristo, está ubicada al noroeste del departamento de Santa Ana, municipio de Metapán. Colinda con los países de Guatemala y Honduras a los $14^{\circ} 25' \text{ LN}$ y $89^{\circ} 23' \text{ LO}$. Tiene una extensión de 13923 ha. de las cuales 4774 corresponden a El Salvador, en el Parque Nacional Montecristo (PNM) (Fig. 9). El parque posee un gradiente altitudinal que va desde los 805 a los 2418 m s.n.m (MARN 2000; MARN/PACAP 2011).

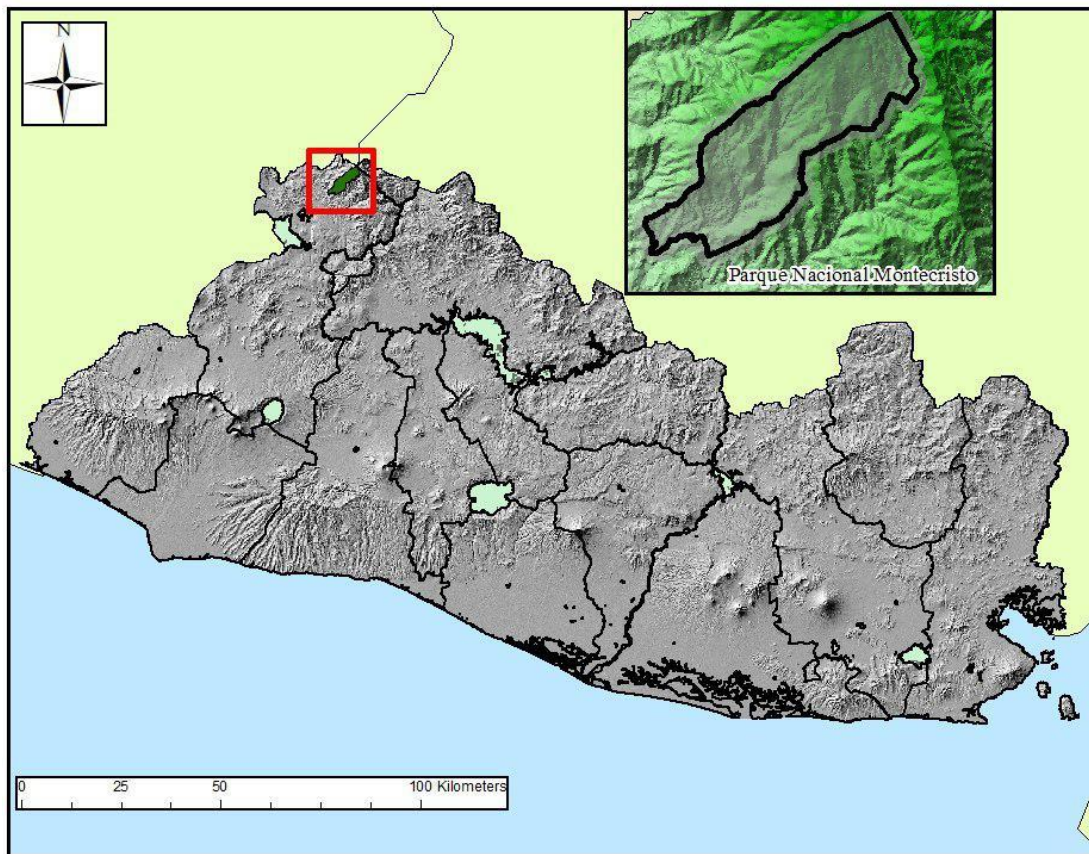


Figura 9. Ubicación del Parque Nacional Montecristo, Santa Ana, El Salvador. Elaborado por Francisco Serrano en Quantum GIS 3.6 con la base cartográfica proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

4.1.1. Hidrología.

El PNM pertenece a la parte alta de la cuenca del río Lempa, la cual está formada por una serie de microcuencas de importancia para la recarga hídrica de la región. Forman un drenaje dendrítico, subparalelo o paralelo, siendo las microcuencas de mayor importancia dentro del parque los ríos San José, El Brujo, El Rosario, San Miguel Ingenio y sus respectivos afluentes (MARN 2000).

4.1.2. Clima y temperatura.

El clima de la región es variado dependiendo de la época del año y de la altitud de las zonas. Tiene temperaturas moderadas que oscilan entre los 10 a 25 °C, registrándose la más alta en el mes de abril y la más baja en los meses de diciembre a enero, con un promedio de 16 °C. En la parte alta la temperatura oscila entre los 14.4 °C y 17.3 °C, mientras en la parte baja se mantiene un promedio de 25 °C. La precipitación pluvial anualmente es de 2181 mm y la humedad relativa promedio anual oscila entre 70% y 88%. (MAG-PAES/CATIE 2003).

4.1.3. Vientos.

Los vientos predominantes en la región del cerro Montecristo son del norte y alcanzan velocidades de hasta 80 km/h en el mes de octubre y noviembre (Reyna 1979).

4.1.4. Suelo.

Los suelos del bosque nublado son profundos, de textura mediana, con un horizonte orgánico de 40 a 60 cm de espesor, textura franca a franco-limosa, color negro; están clasificados como latosol húmico-hidromórfico, franco-franco limosos, sobre material sedimentario accidentado en montañas. La capacidad de retención de agua es alta y el drenaje mediante riachuelos de bueno a rápido. El subsuelo es franco arcilloso, de ligeramente plástico a arcilloso muy plástico, lo que le da una permeabilidad moderadamente lenta (Reyna 1979).

4.2. Bosques.

Para el parque se han identificado tres tipos dominantes de bosques los cuales se nombraron por su vegetación representativa y ubicación altitudinal: Bosque seco, Bosque pino-mixto, y Bosque nublado (Cardoza 2011).

4.2.1. Descripción de los sitios de muestreo dentro del Parque Nacional Montecristo.

4.2.1.1. Sitio 1 (San José Ingenio).

Ubicado a una altura de 800 m s.n.m dentro del bosque seco que va desde los 805-983 m s.n.m (Fig. 10 A y B), conformado por asociaciones de *Pinus oocarpa*, y *Quercus sp.* La vegetación se caracteriza por árboles de hoja ancha, asociado con pinares, leguminosas de los géneros *Lonchocarpus*, *Machaerium* e *Inga*, así como algunas anacardiáceas como *Astronium* y *Spondias* (Cardoza 2011; MARN/PACAP 2011).

Este ecosistema cuenta con unas 126 especies arbóreas. Entre ellas: *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Cordia alliodora*, *Simarouba glauca*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Simarouba glauca* y algunas especies arbustivas como *Apeiba tibourbou*, *Byrsonima crassifolia*, *Calliandra houstoniana*, *Gliricidia sepium*, *Psidium guajava*, *Psidium popenoei*, *Psidium salutare* y *Ximenia americana* (MARN/PACAP 2011).

Es un tipo de bosque que ha sufrido perturbaciones por extracción de madera e incendios forestales en el pasado, en la actualidad la vegetación es secundaria en recuperación y en las áreas que son límites del parque hay cultivos agrícolas y ganadería (MAG/PAES/CATIE 2003).

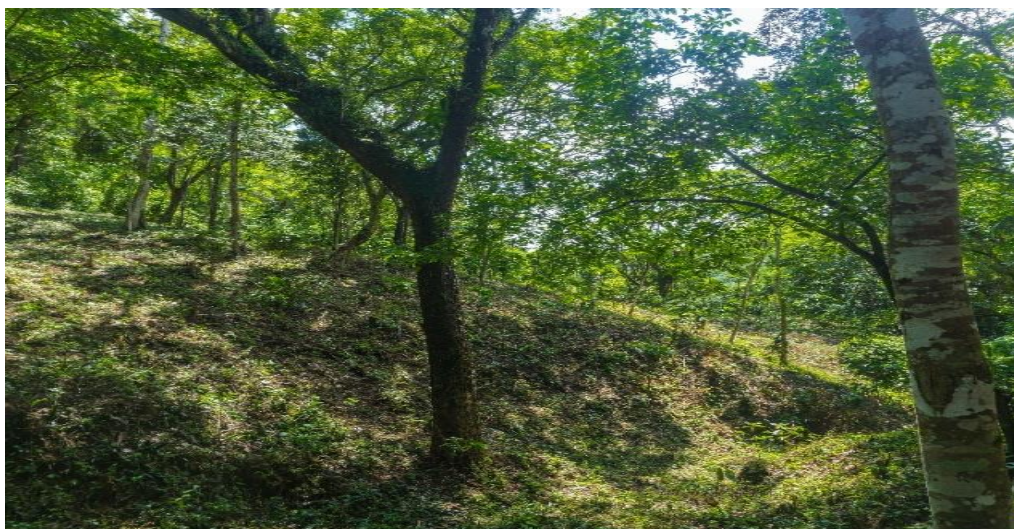


Figura 10. Árboles de hoja ancha como parte de la vegetación del bosque seco observado donde se colocaron las trampas en el sitio 1 (San Jose Ingenio) a 800 m s.n.m.

4.2.1.2. Sitio 2 (Majaditas)

Se encuentra a una altura 1066 m s.n.m. (Fig. 11), posee una vegetación constituida por *Pinus oocarpa* en la parte inferior, otras especies que co-existen son *Paullinia pinnata*, *Roupala glaberrima*, la anona de montaña *Annona chirimolia* y *Viburnum hartwegii*. hasta los 1500 msnm (Komar et al. 2006; Cardoza 2011; MARN/PACAP 2011).

El estrato arbustivo es en general poco denso y los arbustos no sobrepasan los 5 m. Entre los arbustos del dosel intermedio se encuentran varias especies del género *Miconia*, *Antidesma fessonia* y algunas Asteráceas junto con algunas *Salvia*. Esto como parte de un bosque de pino mixto el cual se extiende desde los 1,059 hasta los 2,000 m s.n.m, (MARN/PACAP 2011).

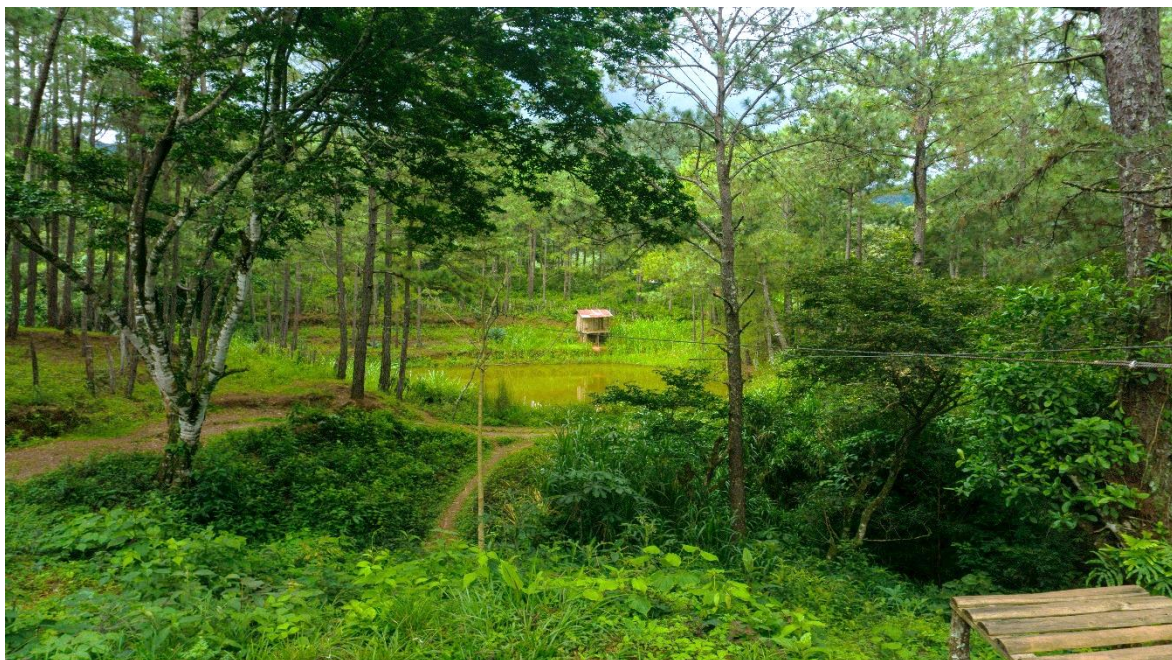


Figura 11. Sitio 2 (Majaditas) las trampas en este punto estuvieron dispuestas a una altura de 1066 m s.n.m. entre especies de *Pinus* y *Cupressus*.

4.2.1.3. Sitio 3 (La Torre)

Se encuentra a los 1446 m s.n.m (Fig. 12), compuesta por árboles caducifolios que forman una alfombra de hojarasca en época seca, posee una plantación forestal de *Cupressus lusitanica* y *Pinus maximinoi*, que se mezcla con especies de robles como *Quercus*

sapotifolia, *Q. salicifolia* y *Q. tristis*, El estrato herbáceo es escaso y está constituido por especies de gramíneas, mientras que el arbustivo es en general poco denso y los arbustos no sobrepasan los 5 m. Entre los arbustos del dosel intermedio tenemos a varias especies del género *Miconia*, *Antidesma fessonia* y algunas Asteráceas junto con algunas *Salvias*. Hay algunas leguminosas de floración profusa como las *Senna* spp. y las *Calliandra* spp que son frecuentes (MARN/PACAP 2011).

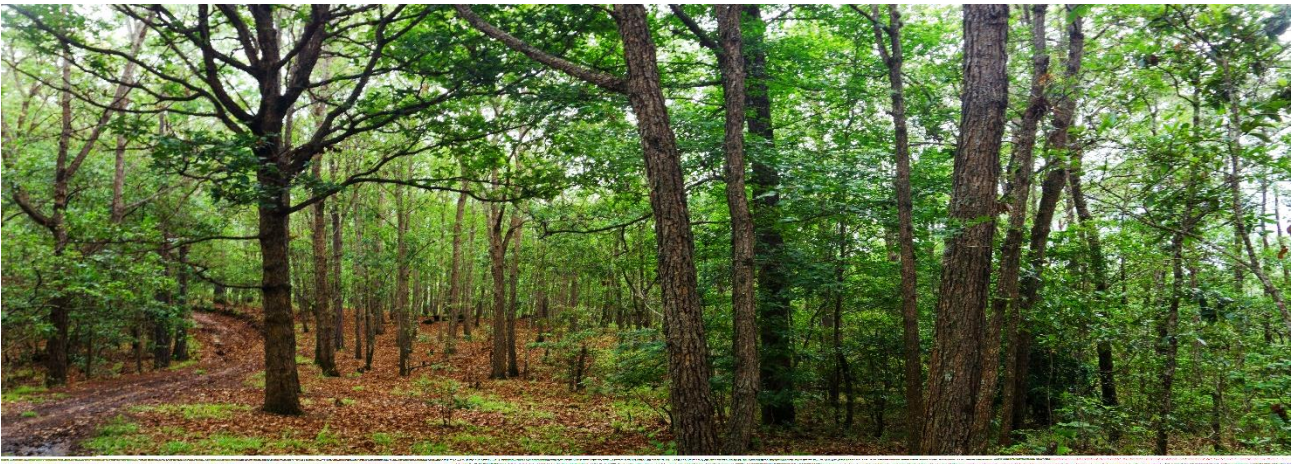


Figura 12. Sitio 3 (Torre de incendios) a una altura de 1446 m s.n.m. En este punto se observaron especies de *Quercus* como parte de la vegetación del bosque de pino- mixto.

4.2.1.4. Sitio 4 (Los Planes)

Localizado a una altura de 1889 m s.n.m (Fig. 13); compuesta por *Pinus rudis*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus caribea* var. *Hondurensis*, *Cupressus lusitanica* y *Pinus maximinoi*. El epifitismo es extremadamente marcado y se encuentran especies como: *Cuitlauzina pulchella*, *Oncidium fasciculatum*, *O. maculatum*, *Tillandsia usneoides* y *Trichocentrum bicallosum* (MARN/PACAP 2011).

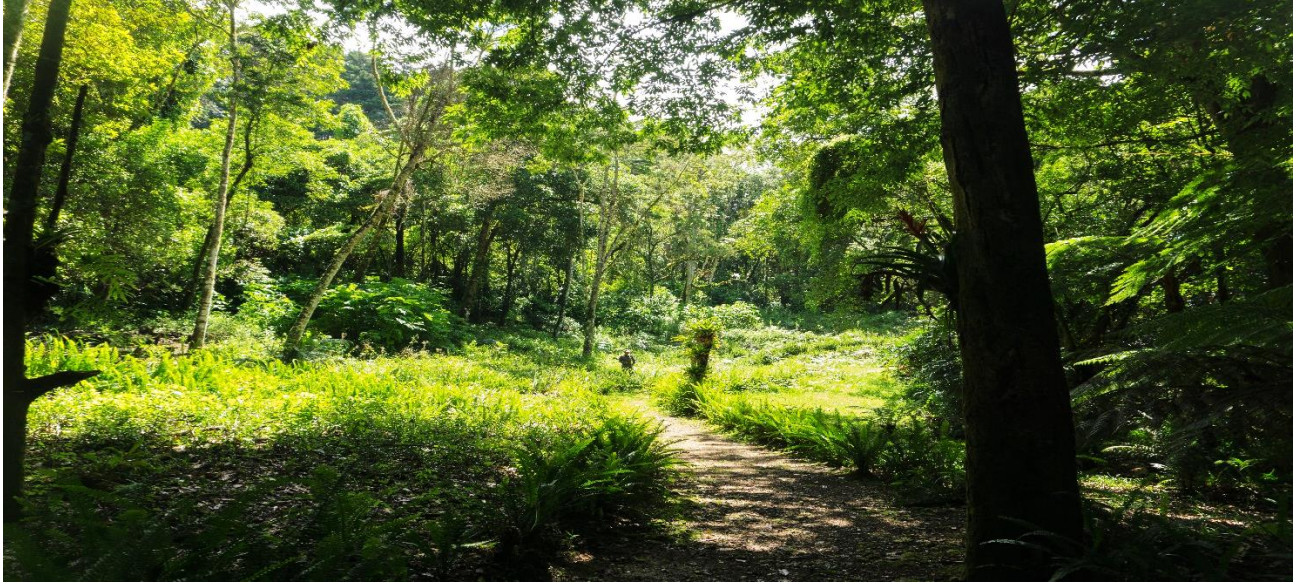


Figura 13. Sitio 4 (Los planes) las trampas en este sitio estuvieron colocadas a los 1889 m s.n.m, donde se observa especies de epifitas como parte del bosque pino-mixto.

4.2.1.5. Sitio 5 (El Nebuloso).

Punto de muestreo comprendido a los 2269 m s.n.m. En este sitio se observó una vegetación compuesta por especies de menos de 5 metros de alto en el estrato arbustivo, de los géneros *Piper*. Algunas especies de helechos del género *Cyathea* y palmas del género *Chamaedorea*. El estrato arbóreo está dominado por árboles con alturas de 20 a 40 m, entre los que se destacan los *Quercus*. Árboles de la familia Araliaceae (*Dendropanax* y *Oreopanax*), Asteraceae (*Montanoa* y *Podocahenium*) y Lauraceae (*Styrax conterminius*, *Phoebe* sp.), esta vegetación es característica del Bosque Nublado (Fig.14) que se extiende desde los 2,040 hasta los 2,368 m s.n.m. (BID/CTPT 2005; MARN/PACAP 2011).



Figura 14. Sitio 5 a una altura de 2269 m s.n.m. donde se deja ver Helechos de gran tamaño vegetación característica del bosque nebuloso.

4.3. Fase de campo.

4.3.1. Muestreo.

La fase de campo se realizó desde noviembre del 2018 hasta abril del 2019, correspondiendo a la época seca. Las trampas se desplegaron una vez al mes durante cinco días consecutivos (un día por altura). Se tomó en cuenta el inicio de la fase lunar, de cuarto menguante hasta el final de la luna nueva o luna oscura. Lo anterior, para evitar diferencias en el efecto del ciclo lunar sobre la efectividad de las trampas y la actividad nocturna del insecto (Brown y Taylor 1971; Bowden 1973; Nowinszky et al. 1979).

Se recolectaron especímenes en 5 sitios de muestreo del Parque Nacional Montecristo (Tabla 1) (Fig. 15).

Tabla 1. Sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo.

Punto	Nombre el sitio	Alturas (m s.n.m.)
1	San José Ingenio	800
2	Majaditas	1066
3	Torre de Incendios	1446
4	Los Planes	1889
5	El Nebuloso	2269

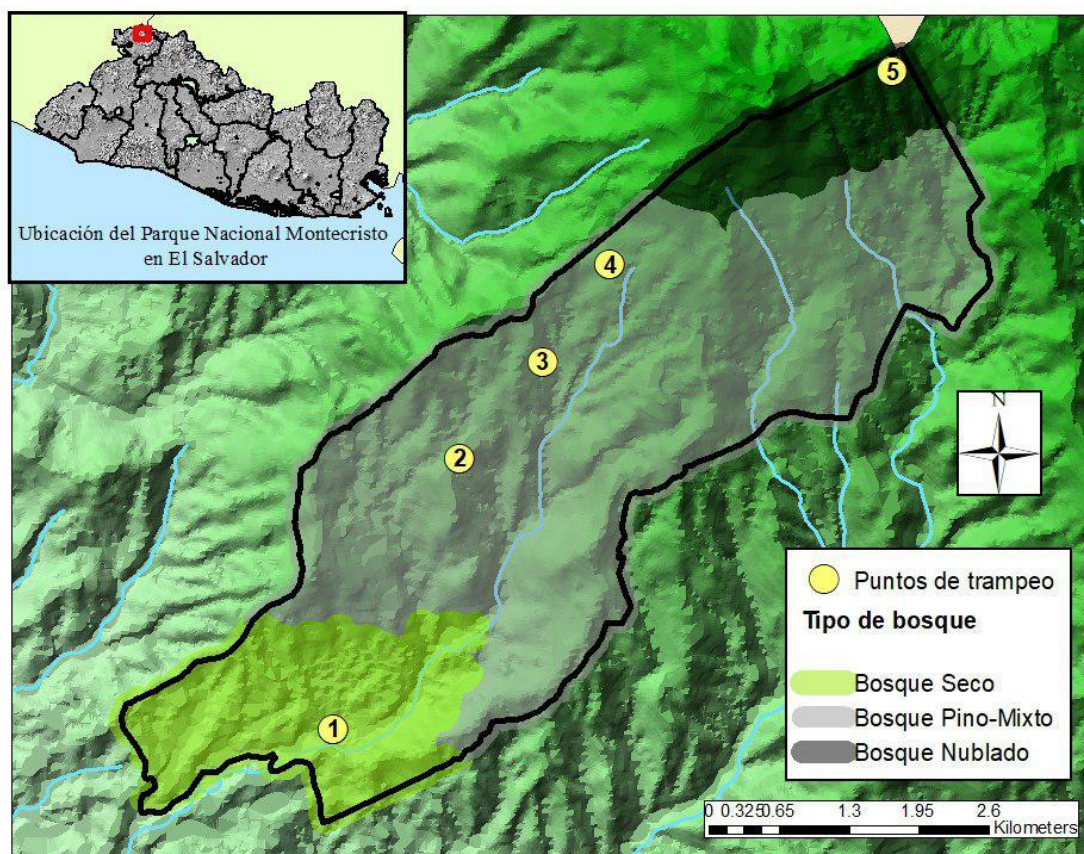


Figura 15. Mapa del Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m. y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m. Elaborado por Francisco Serrano en Quantum GIS 3.6 con la base cartográfica proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

4.3.2. Descripción de las trampas.

Para la atracción de las subfamilias Rutelinae, Melolontinae, y Dynastinae se utilizaron trampas de luz, las cuales usaban dos tipos de luz: luz de vapor de mercurio y luz ultravioleta (Fig. 16). Las lámparas fueron alimentadas por un generador Pulsar™ de 1200 watts el cual se mantuvo alejado de la trampa para evitar que el humo interfiera en la efectividad de esta y se produzca algún accidente (Aguilar 2010).

Las trampas fueron colocadas atando con cuerdas a los árboles cercanos un par de sabanas de 2m por 2m (Fig. 16A), en cada árbol se amarraron dos cuerdas paralelas una donde se colocaron las sábanas blancas con un ancho de dos metros cada una y la otra cuerda para suspender las lámparas. En el suelo estuvieron otro par de sabanas que se centraron en relación con las que se colgaron, formando una T invertida. El segundo par de sábanas fueron de utilidad ya que permitieron visualizar los insectos que caían al suelo, también ayudo a aumentar la zona de la luz que se reflejaba en las sábanas y hacía que la luz fuera visible desde lejos (Fig. 16B). Fue necesario el uso de una roca como peso en cada esquina de la sabana en su parte inferior así se evitó que el viento moviera la sabana y se obtuvo una superficie vertical lo más recta posible, para una mayor iluminación (Aguilar 2010).



Figura 16. A) Colocación de trampas de luz en el punto del Nebuloso. B) Trampa de luz en el Parque Nacional Montecristo. C) Disposición de las lámparas de mercurio y ultravioleta encima de las sábanas. D) Captura de escarabajos con la trampa de luz ultravioleta activa desde las 6 pm hasta las 11 pm.

Las lámparas se colocaron en cuerda paralela a la sábana vertical, estas se separaron de ella de 20 a 40 cm, de manera continua se colocó una lámpara de luz de vapor de mercurio y una lámpara con luz ultravioleta ambas de 40 watts formando así un juego de dos trampas cada uno (Fig. 16C).

Por cada estrato se colocaron dos sets de trampas separados por 50 m, asegurando la independenciamiento de la acción de cada uno. Cada trampa operó por 5 horas, desde las 18:00 hasta las 23:00 horas (Fig. 16D). En total, en cada estrato por noche se contabilizaron 20 horas/trampa, en cada mes 100 horas/trampa y en todo el estudio 600 horas/trampa.

Las trampas se colocaron en áreas abiertas, donde el viento no las golpeará directamente. Esta orientación fue importante ya que las subfamilias en cuestión vuelan directamente contra el viento y cuando llegan a la luz la utilizan como un objeto de refugio (Aguilar 2010).

4.3.3. Factores físicos.

Las variables ambientales fueron medidas en cada muestreo en los tres tipos de bosque y éstas fueron: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y velocidad del viento. Todas estas variables fueron medidas con un Kestrel 5000 el cual estaba programado para tomarlas cada hora durante el periodo de duración del muestreo, en cuanto a las precipitaciones fueron consultadas al Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

4.3.4. Manejo de especímenes in situ.

Se identificaron taxonómicamente a los especímenes in situ hasta nivel de subfamilia y los individuos de los grupos de interés se recolectaron manualmente en frascos de plástico de tres diferentes tamaños (con un tamaño de 5 cm x 10 cm los frascos grandes, de 7cm x 5cm los medianos y de 2.5 cm x 3cm los pequeños, las dimensiones de los frascos variaron dependiendo del tamaño y la cantidad de los especímenes recolectados). Se preservaron en alcohol 90% para su posterior identificación en el laboratorio. Además, se rotularon con el número correlativo de la trampa, la altura a la que se recolectó, el sector de recolecta, las coordenadas geográficas, la fecha y el recolector. Paralelo a esto se elaboró una matriz con los datos más específicos de la recolecta: número de trampa, tipo de luz, hora la que se recolecto, altura, cantidad de individuos recolectados cada hora y observaciones adicionales de las condiciones ambientales del lugar.

4.4. Fase de laboratorio.

4.4.1. Procesamiento de datos.

El material recolectado fue transportado a la Escuela de Biología, donde se identificó parte del material, utilizando diferentes guías taxonómicas: Delgado et al 2000, Ratcliffe y Cave 2006 Además, se auxilió de la colección de referencia del Museo de Historia Natural de El Salvador, para identificar especímenes por comparación. Por último, se trasladó una muestra de los escarabajos colectados al área de entomología del Museo Nacional de Costa Rica,

donde se contó con la colaboración del especialista Ángel Solís en la identificación taxonómica de las especies. Los especímenes fueron depositados en el Museo de Historia Natural de El Salvador y en la colección entomológica de la Escuela de Biología.

4.4.2. Análisis de datos.

4.4.2.1. Riqueza.

En cada sitio se registró el número especies presentes. Para la estimación de la riqueza del sitio se utilizaron los estimadores más robustos: Jack 1 (para incidencia) y Chao 1 (basado en la abundancia, en sitios con alta riqueza) (Basualdo 2011). Para estimar la completitud del muestreo se realizó una curva de acumulación de especies para el parque y en cada uno de los sitios de muestreo, usando los valores de los estimadores antes mencionados en cada muestreo, mediante el software Estimate S 8.0 (Colwell 2005).

$$S_{jackk1} = S_{obs} + q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

Jackknife 1, donde S_{obs} = número de especies observadas en las muestras; q_1 = especies encontradas sólo en un muestreo; m = número total de muestreos.

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Chao 1, donde S_{obs} = número de especies en las muestras; F_1 = número de especies que sólo aparecieron una vez en la muestra; F_2 = el número de especies con dos ocurrencias exactas en la muestra.

4.4.2.2. Abundancia.

Con la abundancia relativa de las especies capturadas, se generaron curvas de rango-abundancia de Whittaker (1965). Estas curvas evidencian los patrones de distribución de la

abundancia de las especies en las comunidades ecológicas. Se obtuvieron ordenando jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo de manera que la información se resume en poco espacio. Esto permite observar cuantas especies son las más abundantes, cuantas las más raras y cuál es la diferencia entre ellas. Las curvas rango-abundancia constituyen una importante herramienta para visualizar la abundancia relativa de cada especie. Las curvas han sido sugeridas como una forma alternativa de comparar las comunidades en diferentes hábitats (Feinsinger 2003) y se realizaron utilizando Microsoft Excel 2019.

4.4.2.3. Diversidad.

Para los análisis de diversidad, se utilizó la diversidad de orden “q” o “diversidad verdadera”. q^0 mide la riqueza de especies y se obtuvo registrando los valores de riqueza en cada sitio. q^1 mide las especies abundantes y se obtuvo sacando exponencial del índice de Shannon utilizando logaritmo base 10 (Jost 2006) mediante el software Past 3.25 (Hammer et al. 2001). La unidad de medida es el número de especies efectivas, que es la diversidad que tendría una comunidad virtual, en la cual todas las especies tuvieran exactamente la misma abundancia (Jost 2006). q^2 mide las especies dominantes y se obtuvo utilizando el inverso del índice de Simpson (Jost 2006) mediante el software Past 3.25 (Hammer et al. 2001).

Se utilizaron las fórmulas:

$$H' = - \sum p_i \log_{10} p_i$$

Shannon-Wiener donde, p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos; \log_{10} = logaritmo base 10 de la proporción de individuos por especie i .

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Simpson donde p_i : es la abundancia proporcional obtenida de la especie i ; esto es calculado a partir del total de los individuos de la especie i entre el total de individuos de toda la muestra.

Exponencial de shannon:

$$q^1 = \exp\left(-\sum p_i \log_{10} p_i\right)$$

q^1 donde, exp= exponencial, p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos; \log_{10} = logaritmo base 10 de la proporción de individuos por especie i .

Inverso del índice de Simpson:

$$q^2 = 1/\sum p_i^2$$

q^2 donde p_i : es la abundancia proporcional obtenida de la especie i ; esto es calculado a partir del total de los individuos de la especie i entre el total de individuos de toda la muestra.

4.4.2.4.Diversidad Beta (β).

Una expresión matemática muy simple para expresar la semejanza entre comunidades es el coeficiente propuesto por Jaccard (índice de Jaccard). Este índice se basa en la relación de presencia- ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas (o comunidades) y en el número total de especies. (Jaccard 1912; Magurran 1988; Kent y Coker 1992).

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Coficiente de similitud de Jaccard donde: a = número de especies presentes en el sitio 1, b = número de especies presentes en el sitio 2, c = número de especies presentes en ambos sitios 1 y 2.

Otro índice utilizado con frecuencia es el propuesto por Sorensen (Índice de Sorensen) el cual se basa también en la presencia y ausencia de las especies de las comunidades comparadas. La variación altitudinal en la diversidad de escarabajos se estimó mediante el cálculo los índices de Jaccard y de Sorensen utilizando el software Past 3.25 (Hammer et al. 2001).

Además, se realizó un cluster o análisis de conglomerados con el objeto de agrupar los elementos en grupos homogéneos para visualizar similitudes entre ellos. Este estadístico se utilizó para agrupar los sitios de muestreo y su similitud en cuanto a riqueza y abundancia de especies (Peña 2002). También se elaboraron dendrogramas que muestran los grupos que se forman al crear conglomerados de variables en cada paso y sus niveles de similitud. Lo anterior será producido para facilitar la visualización de los patrones de similitud a través de elevaciones (Gotelli y Chao 2013).

4.4.2.5. Análisis del efecto de las variables medioambientales en Rutelinae, Melolonthinae y Dynastinae.

Para observar la variación en la abundancia, riqueza y diversidad causada por: el mes (variación temporal), la altitud y el tipo de bosque (variación espacial), se estimaron mediante el análisis de varianza de Kruskal-Wallis. Para estimar la normalidad de los datos, se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Cuando Kruskal-Wallis detectó diferencias, se utilizó la prueba no paramétrica post-hoc de Man-Whitney para identificar cuáles eran los puntos significativamente disímiles entre sí, de acuerdo con la variable observada.

Se utilizaron las fórmulas:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Kruskall-Wallis donde: "N" es el número total de valores, "R" es la suma de los rangos para cada muestra y "n con una i" es el número en cada muestra.

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

Mann Withney donde: R es la suma de rangos en la muestra, y n es el número de elementos en la muestra.

El grado de asociación entre el nivel altitudinal y las variables evaluadas, se evaluará utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, según la naturaleza de los datos. (Shapiro y Wilk 1965; Moreno 2001). Por último, utilizamos el análisis de correspondencia canónica (CCA) para determinar qué variables ambientales son las más importantes para explicar la variación en la composición de las especies a lo largo del gradiente de altitud (Braak 1986; Braak y Smilauer 2002).

Con la fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Correlación de rango de Spearman donde: ρ = correlación de rango de Spearman, d_i = la diferencia entre los rangos de las variables correspondientes, n = número de observaciones.

El análisis de correspondencia canónica (ACC) es una modificación del análisis de correspondencia (AC); los ejes principales no sólo son extraídos en un biográfico, sino que también tratan de explicar la mayoría de la inercia (es decir, la falta de independencia entre los objetos y las variables), además de explicar su correlación con variables adicionales, es maximizada. El ACC utiliza los algoritmos promedios del AC. En cada paso de la ejecución del ACC, los puntos de las unidades de muestreo son determinados, los cuales se restringen a una combinación de variables ambientales (usualmente estandarizadas), donde se utilizan las técnicas de regresión múltiple de los mínimos cuadrados ordinarios (Quinn y Keough 2002)

V. RESULTADOS

5.1. Riqueza.

Se registraron un total de 103 especies en el PNM, entre noviembre, 2018 y abril, 2019. De Dynastinae, se colectaron 21 especies (Tabla 2 y 3), de Melolonthinae, 50 especies (Tabla 4 y 5) y de Rutelinae, 32 especies (Tabla 6 y 7).

Tabla 2. Especies de la subfamilia Dynastinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019.

Nº	Dynastinae	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1	<i>Acognatha sellata</i>	0	0	0	0	0	4	4
2	<i>Aspidolea fuliginea</i>	0	0	1	1	3	2	7
3	<i>Aspidolea singularis</i>	1	1	0	1	3	7	13
4	<i>Cyclocephala lunulata</i>	1	8	1	0	4	7	21
5	<i>Cyclocephala amblyopsis</i>	0	0	0	1	0	1	2
6	<i>Cyclocephala complanata</i>	0	0	0	0	0	10	10
7	<i>Cyclocephala confunsa</i>	0	0	0	0	0	7	7
8	<i>Cyclocephala deceptor</i>	0	0	0	0	0	14	14
9	<i>Cyclocephala mafaffa</i>	0	0	0	0	0	2	2
10	<i>Cyclocephala multiplex</i>	0	0	0	0	0	22	22
11	<i>Cyclocephala sp</i>	0	10	0	0	20	0	30
12	<i>Cyclocephala stictica</i>	0	0	0	0	0	3	3
13	<i>Enema endymion</i>	0	0	0	0	2	5	7
14	<i>Orizabus clunaris</i>	1	0	0	0	0	3	4
15	<i>Phileurus didymus</i>	0	0	0	0	0	2	2
16	<i>Phileurus sp</i>	0	0	0	0	1	0	1
17	<i>Phileurus valgus</i>	0	0	0	0	1	0	1
18	<i>Spodistes monzoni</i>	0	0	0	0	0	6	6
19	<i>Strategus hipposiderus</i>	0	0	0	0	0	1	1
20	<i>Tomarus nassutus</i>	0	0	0	0	0	1	1
21	<i>Tomarus sallei</i>	1	0	0	0	1	0	2
TOTAL		4	19	2	3	35	97	160

Tabla 3. Especies de la subfamilia Dynastinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m.

N°	Dynastinae	Sitio 1 San José Ingenio	Sitio 2 Majaditas	Sitio 3 La Torre	Sitio 4 Los Planes	Sitio 5 El Nebuloso	Total
1	<i>Acognatha sellata</i>	0	0	0	0	4	4
2	<i>Aspidolea fuliginea</i>	5	2	0	0	0	7
3	<i>Aspidolea singularis</i>	5	8	0	0	0	13
4	<i>Cyclocephala lunulata</i>	20	1	0	0	0	21
5	<i>Cyclocephala amblyopsis</i>	1	1	0	0	0	2
6	<i>Cyclocephala complanata</i>	0	8	2	0	0	10
7	<i>Cyclocephala confusa</i>	0	7	0	0	0	7
8	<i>Cyclocephala deceptor</i>	8	6	0	0	0	14
9	<i>Cyclocephala mafaffa</i>	2	0	0	0	0	2
10	<i>Cyclocephala multiplex</i>	6	16	0	0	0	22
11	<i>Cyclocephala sp</i>	20	10	0	0	0	30
12	<i>Cyclocephala stictica</i>	0	3	0	0	0	3
13	<i>Enema endymion</i>	3	4	0	0	0	7
14	<i>Orizabus clunaris</i>	0	0	0	0	4	4
15	<i>Phileurus didymus</i>	1	1	0	0	0	2
16	<i>Phileurus sp</i>	1	0	0	0	0	1
17	<i>Phileurus valgas</i>	1	0	0	0	0	1
18	<i>Spodistes monzoni</i>	0	6	0	0	0	6
19	<i>Strategus hipposiderus</i>	1	0	0	0	0	1
20	<i>Tomarus nassutus</i>	0	1	0	0	0	1
21	<i>Tomarus sallei</i>	1	1	0	0	0	2
TOTAL		75	75	2	0	8	160

Tabla 4. Especies de la subfamilia Melolonthinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019, (continua en la página siguiente).

N°	Melolonthinae	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1	<i>Diplotaxis mistura</i>	0	0	0	0	0	8	8
2	<i>Diplotaxis sp01</i>	0	0	0	0	0	3	3
3	<i>Diplotaxis sp02</i>	0	0	0	0	1	1	2
4	<i>Diplotaxis sp03</i>	0	0	0	1	5	48	54
5	<i>Diplotaxis sp04</i>	0	0	0	0	0	6	6
6	<i>Diplotaxis sp05</i>	0	0	0	0	0	23	23
7	<i>Diplotaxis sp06</i>	0	0	0	0	1	0	1
8	<i>Isonychus ocellatus</i>	0	0	0	0	0	21	21
9	<i>Macroductylus montanus</i>	0	0	0	0	0	3	3
10	<i>Phyllophaga caraga</i>	0	0	0	0	1	0	1
11	<i>Phyllophaga cometes</i>	0	0	0	0	3	12	15
12	<i>Phyllophaga menestriesi</i>	0	0	0	0	6	3	9
13	<i>Phyllophaga obsoleta</i>	0	0	0	0	7	10	17
14	<i>Phyllophaga sanjosicola</i>	0	0	0	0	1	15	16
15	<i>Phyllophaga setidorsis</i>	0	0	0	0	1	0	1
16	<i>Phyllophaga solanophaga</i>	0	0	0	0	2	27	29
17	<i>Phyllophaga sp01</i>	0	0	0	0	0	367	367
18	<i>Phyllophaga sp02</i>	0	0	0	0	0	219	219
19	<i>Phyllophaga sp03</i>	0	0	0	0	1	0	1
20	<i>Phyllophaga sp04</i>	0	0	0	0	15	0	15
21	<i>Phyllophaga sp05</i>	0	0	0	0	4	0	4
22	<i>Phyllophaga sp06</i>	0	0	0	0	0	3	3
23	<i>Phyllophaga sp07</i>	0	0	0	0	1	0	1
24	<i>Phyllophaga sp08</i>	1	0	0	0	0	2	3
25	<i>Phyllophaga sp09</i>	0	0	0	0	2	0	2
26	<i>Phyllophaga sp10</i>	0	0	0	0	0	14	14
27	<i>Phyllophaga sp11</i>	0	1	0	0	0	0	1
28	<i>Phyllophaga sp12</i>	0	0	0	0	2	0	2
29	<i>Phyllophaga sp13</i>	0	0	0	0	12	1	13
30	<i>Phyllophaga sp14</i>	0	0	0	0	1	13	14
31	<i>Phyllophaga sp15</i>	0	0	0	0	0	55	55
32	<i>Phyllophaga sp16</i>	0	0	0	0	2	1	3
33	<i>Phyllophaga sp17</i>	0	0	0	0	2	1	3
34	<i>Phyllophaga sp18</i>	0	0	0	0	0	3	3
35	<i>Phyllophaga sp19</i>	0	0	0	0	1	3	4
36	<i>Phyllophaga sp20</i>	0	0	0	0	0	118	118
37	<i>Phyllophaga sp21</i>	0	0	0	0	1	0	1
38	<i>Phyllophaga sp22</i>	0	0	0	0	0	2	2
39	<i>Phyllophaga sp23</i>	0	0	0	0	1	0	1
40	<i>Phyllophaga sp24</i>	0	0	0	0	1	1	2
41	<i>Phyllophaga sp25</i>	0	0	0	0	0	1	1
42	<i>Phyllophaga sp26</i>	0	0	0	0	0	2	2
43	<i>Phyllophaga sp27</i>	0	0	0	0	9	11	20
44	<i>Phyllophaga sp28</i>	0	0	0	0	3	0	3

45	<i>Phyllophaga sp29</i>	0	0	0	0	0	1	1
46	<i>Phyllophaga sp30</i>	0	0	0	0	0	64	64
47	<i>Phyllophaga sp31</i>	0	0	0	0	0	23	23
48	<i>Phyllophaga sp32</i>	0	0	0	0	5	14	19
49	<i>Phyllophaga tumulosa</i>	0	0	0	0	0	8	8
50	<i>Phyllophaga vicina</i>	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL		1	1	0	1	91	1108	1202

Tabla 5. Especies de la subfamilia Melolonthinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m. (continua en la página siguiente).

Nº	Melolonthinae	Sitio 1 San José Ingenio	Sitio 2 Majaditas	Sitio 3 La Torre	Sitio 4 Los Planes	Sitio 5 El Nebuloso	Total
1	<i>Diplotaxis mistura</i>	0	1	7	0	0	8
2	<i>Diplotaxis sp01</i>	0	3	0	0	0	3
3	<i>Diplotaxis sp02</i>	1	1	0	0	0	2
4	<i>Diplotaxis sp03</i>	8	26	6	14	0	54
5	<i>Diplotaxis sp04</i>	0	6	0	0	0	6
6	<i>Diplotaxis sp05</i>	0	5	18	0	0	23
7	<i>Diplotaxis sp06</i>	0	1	0	0	0	1
8	<i>Isonychus ocellatus</i>	0	20	1	0	0	21
9	<i>Macrodactylus montanus</i>	0	0	0	3	0	3
10	<i>Phyllophaga caraga</i>	0	1	0	0	0	1
11	<i>Phyllophaga cometes</i>	3	12	0	0	0	15
12	<i>Phyllophaga menestriesi</i>	8	1	0	0	0	9
13	<i>Phyllophaga obsoleta</i>	0	8	1	8	0	17
14	<i>Phyllophaga sanjosicola</i>	0	16	0	0	0	16
15	<i>Phyllophaga setidorsis</i>	0	1	0	0	0	1
16	<i>Phyllophaga solanophaga</i>	0	11	18	0	0	29
17	<i>Phyllophaga sp01</i>	0	367	0	0	0	367
18	<i>Phyllophaga sp02</i>	0	219	0	0	0	219
19	<i>Phyllophaga sp03</i>	1	0	0	0	0	1
20	<i>Phyllophaga sp04</i>	0	15	0	0	0	15
21	<i>Phyllophaga sp05</i>	0	4	0	0	0	4
22	<i>Phyllophaga sp06</i>	0	0	0	0	3	3
23	<i>Phyllophaga sp07</i>	1	0	0	0	0	1
24	<i>Phyllophaga sp08</i>	0	0	0	0	3	3
25	<i>Phyllophaga sp09</i>	0	2	0	0	0	2
26	<i>Phyllophaga sp10</i>	0	0	14	0	0	14
27	<i>Phyllophaga sp11</i>	0	0	0	0	1	1
28	<i>Phyllophaga sp12</i>	0	2	0	0	0	2
29	<i>Phyllophaga sp13</i>	12	1	0	0	0	13
30	<i>Phyllophaga sp14</i>	7	7	0	0	0	14
31	<i>Phyllophaga sp15</i>	2	46	4	3	0	55
32	<i>Phyllophaga sp16</i>	2	1	0	0	0	3
33	<i>Phyllophaga sp17</i>	2	1	0	0	0	3

34	<i>Phyllophaga sp18</i>	0	3	0	0	0	3
35	<i>Phyllophaga sp19</i>	1	3	0	0	0	4
36	<i>Phyllophaga sp20</i>	0	0	0	118	0	118
37	<i>Phyllophaga sp21</i>	1	0	0	0	0	1
38	<i>Phyllophaga sp22</i>	0	2	0	0	0	2
39	<i>Phyllophaga sp23</i>	0	1	0	0	0	1
40	<i>Phyllophaga sp24</i>	2	0	0	0	0	2
41	<i>Phyllophaga sp25</i>	1	0	0	0	0	1
42	<i>Phyllophaga sp26</i>	0	2	0	0	0	2
43	<i>Phyllophaga sp27</i>	0	20	0	0	0	20
44	<i>Phyllophaga sp28</i>	0	0	0	3	0	3
45	<i>Phyllophaga sp29</i>	0	1	0	0	0	1
46	<i>Phyllophaga sp30</i>	0	0	0	64	0	64
47	<i>Phyllophaga sp31</i>	0	23	0	0	0	23
48	<i>Phyllophaga sp32</i>	13	6	0	0	0	19
49	<i>Phyllophaga tumulosa</i>	1	7	0	0	0	8
50	<i>Phyllophaga vicina</i>	1	0	0	0	0	1
TOTAL		67	846	69	213	7	1202

Tabla 6. Especies de la subfamilia Rutelinae y su distribución temporal en el Parque Nacional Montecristo indicando los meses desde noviembre del 2018 al mes de abril del 2019, (continua en la página siguiente).

N°	Rutelinae	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1	<i>Anomala ochrogastra</i>	0	0	0	0	0	1	1
2	<i>Anomala pincelada</i>	0	0	0	0	0	2	2
3	<i>Anomala quiche</i>	0	0	0	0	2	0	2
4	<i>Anomala robiginosa</i>	0	0	0	0	0	3	3
5	<i>Anomala sp01</i>	0	0	0	0	3	337	340
6	<i>Anomala sp02</i>	0	0	0	0	0	1	1
7	<i>Anomala sp03</i>	0	0	0	0	0	61	61
8	<i>Anomala sp04</i>	0	0	0	0	0	3	3
9	<i>Anomala sp05</i>	0	0	0	0	0	1	1
10	<i>Anomala sp06</i>	0	0	0	0	0	70	70
11	<i>Anomala sp07</i>	0	0	0	0	0	2	2
12	<i>Anomala sp08</i>	0	0	0	0	0	1	1
13	<i>Anomala sp09</i>	0	0	1	1	0	1	3
14	<i>Anomala sp10</i>	0	0	0	0	0	2	2
15	<i>Anomala sp11</i>	0	1	0	0	1	1	3
16	<i>Anomala sp12</i>	0	0	0	0	0	16	16
17	<i>Anomala sp13</i>	0	0	0	0	1	0	1
18	<i>Anomala sp14</i>	0	0	0	1	0	0	1
19	<i>Anomala sp15</i>	0	0	0	0	0	14	14
20	<i>Anomala sp16</i>	0	0	0	0	2	138	140
21	<i>Anomala sp17</i>	0	0	0	0	1	1	2
22	<i>Anomala sp18</i>	0	0	0	0	1	0	1
23	<i>Anomala sp19</i>	0	0	0	0	0	6	6
24	<i>Anomala sp20</i>	0	0	0	10	0	1	11
25	<i>Anomala sp21</i>	0	0	0	0	0	1	1

26	<i>Anomala testaceipennis</i>	2	0	0	0	0	0	2
27	<i>Callistethus sp01</i>	0	0	0	0	0	1	1
28	<i>Callistethus sp02</i>	0	0	0	0	0	105	105
29	<i>Callistethus sp03</i>	3	2	1	1	2	9	18
30	<i>Moroniella nitidula</i>	1	0	0	0	0	0	1
31	<i>Parisolea pachytarsis</i>	0	0	0	0	1	14	15
32	<i>Pelidnota strigosa</i>	2	3	0	0	0	0	5
TOTAL		8	6	2	13	14	792	835

Tabla 7. Especies de la subfamilia Rutelinae y su distribución espacial en el Parque Nacional Montecristo indicando los sitios de muestreo numerados del 1 al 5, 1: San José Ingenio a 800 m s.n.m, 2: Majaditas a 1066 m s.n.m, 3: La torre a 1446 m s.n.m, 4: Los planes a 1889 m s.n.m y 5: El Nebuloso a una altura de 2269 m s.n.m.

Nº	Rutelinae	Sitio 1 San José Ingenio	Sitio 2 Majaditas	Sitio 3 La Torre	Sitio 4 Los Planes	Sitio 5 El Nebuloso	Total
1	<i>Anomala ochrogastra</i>	0	1	0	0	0	1
2	<i>Anomala pincelada</i>	2	0	0	0	0	2
3	<i>Anomala quiche</i>	0	2	0	0	0	2
4	<i>Anomala robiginosa</i>	2	0	1	0	0	3
5	<i>Anomala sp01</i>	2	158	178	0	2	340
6	<i>Anomala sp02</i>	1	0	0	0	0	1
7	<i>Anomala sp03</i>	0	61	0	0	0	61
8	<i>Anomala sp04</i>	3	0	0	0	0	3
9	<i>Anomala sp05</i>	1	0	0	0	0	1
10	<i>Anomala sp06</i>	0	63	7	0	0	70
11	<i>Anomala sp07</i>	0	0	2	0	0	2
12	<i>Anomala sp08</i>	1	0	0	0	0	1
13	<i>Anomala sp09</i>	3	0	0	0	0	3
14	<i>Anomala sp10</i>	0	2	0	0	0	2
15	<i>Anomala sp11</i>	2	0	0	0	1	3
16	<i>Anomala sp12</i>	0	0	15	0	1	16
17	<i>Anomala sp13</i>	1	0	0	0	0	1
18	<i>Anomala sp14</i>	1	0	0	0	0	1
19	<i>Anomala sp15</i>	0	14	0	0	0	14
20	<i>Anomala sp16</i>	0	0	7	133	0	140
21	<i>Anomala sp17</i>	2	0	0	0	0	2
22	<i>Anomala sp18</i>	0	0	0	1	0	1
23	<i>Anomala sp19</i>	0	0	0	5	1	6
24	<i>Anomala sp20</i>	10	0	0	1	0	11
25	<i>Anomala sp21</i>	0	1	0	0	0	1
26	<i>Anomala testaceipennis</i>	0	2	0	0	0	2
27	<i>Callistethus sp01</i>	0	0	0	1	0	1
28	<i>Callistethus sp02</i>	0	0	2	103	0	105
29	<i>Callistethus sp03</i>	13	4	1	0	0	18
30	<i>Moroniella nitidula</i>	0	0	0	1	0	1
31	<i>Parisolea pachytarsis</i>	0	3	1	8	3	15
32	<i>Pelidnota strigosa</i>	5	0	0	0	0	5
TOTAL		49	311	214	253	8	835

5.2. Análisis temporal: Parque Nacional Montecristo.

5.2.1. Estimadores de Riqueza.

El número de especies estimadas y la cobertura del muestreo, se refleja en la Tabla 8. La gráfica de acumulación de especies se representa en la Fig. 17.

Tabla 8. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies en el Parque Nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Muestreos	Riqueza acumulada	Riqueza esperada	
		Jack 1	Chao 1
Noviembre	8	25.03	37.44
Diciembre	10	64.69	62.37
Enero	12	98.35	83.2
Febrero	16	123.99	99.36
Marzo	54	147.42	115.08
Abril	103	162.16	126.38
Cobertura del muestreo		62.28 %	79.92 %

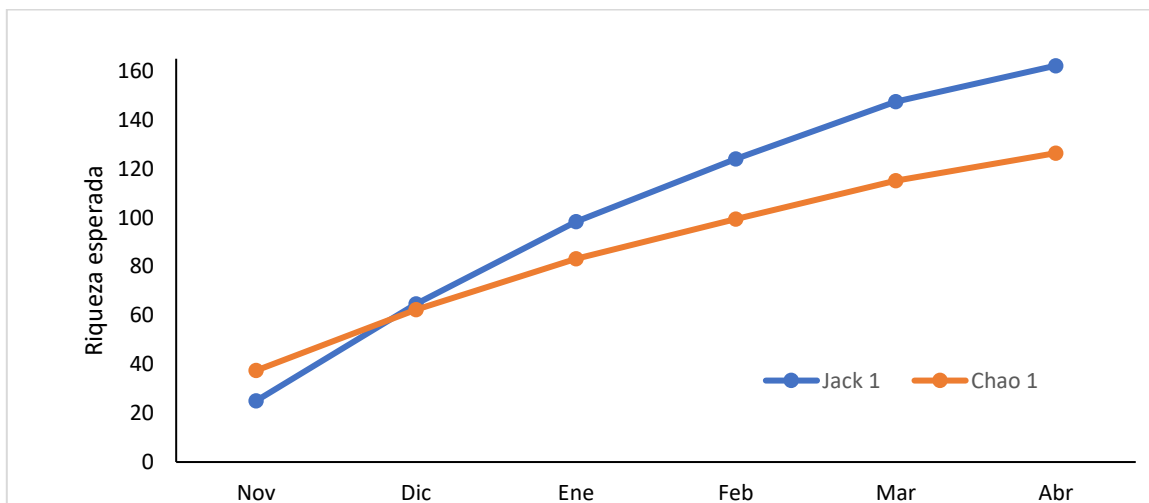


Figura 17. Curvas de acumulación de especies. En azul (Jack 1), en anaranjado (Chao 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

El número de especies estimadas y la cobertura del muestreo para la subfamilia Dynastinae, se refleja en la Tabla 9. La gráfica de acumulación de especies se representa en la Fig. 18.

Tabla 9. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Dynastinae en el Parque Nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Muestreos	Riqueza acumulada	Riqueza esperada	
		Jack 1	Chao 1
Noviembre	4	5.64	7.45
Diciembre	5	13.69	11.56
Enero	6	19.56	15.20
Febrero	7	24.84	18.24
Marzo	10	28.37	20.21
Abril	21	31.83	22.19
Cobertura del muestreo		65.98%	94.64%

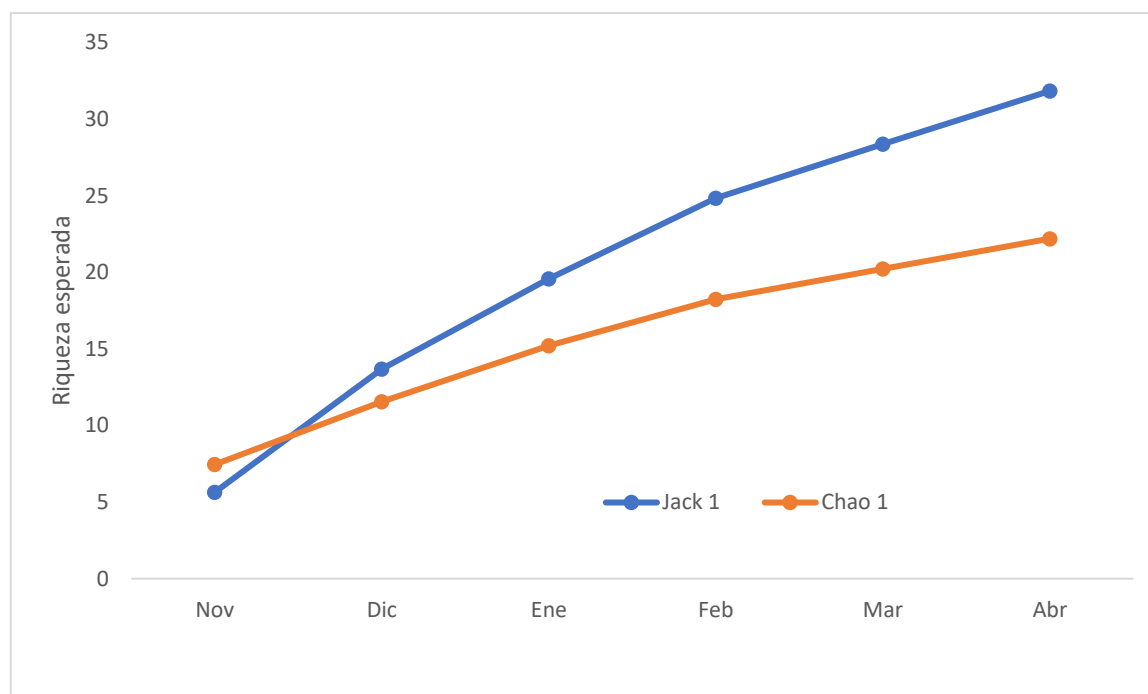


Figura 18. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Dynastinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

El número de especies estimadas y la cobertura del muestreo para la subfamilia Melolonthinae, se refleja en la Tabla 10. La gráfica de acumulación de especies se representa en la Fig. 19.

Tabla 10. Muestréos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Melolonthinae en el Parque Nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Muestréos	Riqueza	Riqueza esperada	
	acumulada	Jack 1	Chao 1
Noviembre	1	14.08	18.02
Diciembre	2	35.23	30.92
Enero	2	45.81	38.13
Febrero	3	56.38	45.33
Marzo	29	68.43	52.98
Abril	50	77.20	57.85
Cobertura del muestreo		64.77%	86.43%

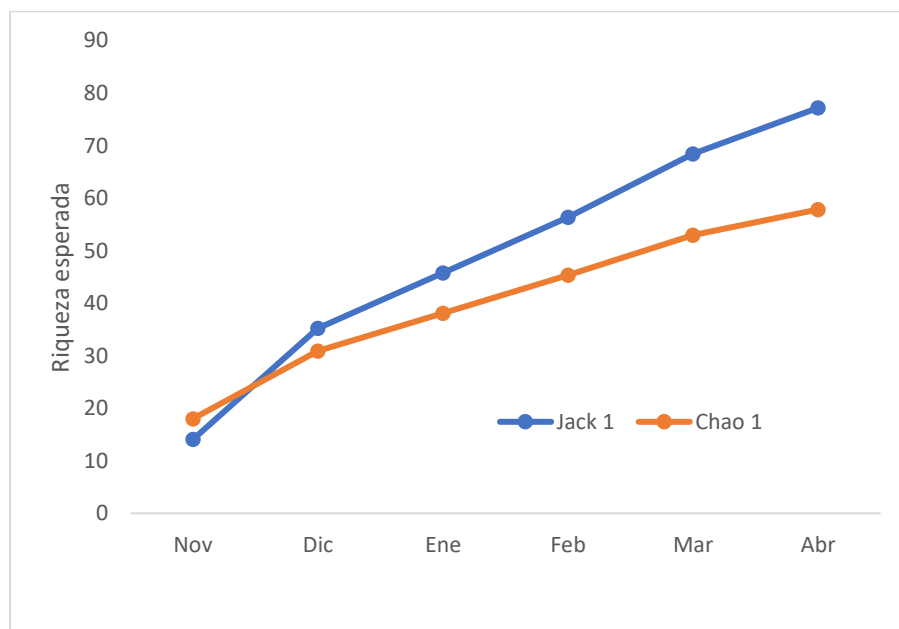


Figura 19. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Melolonthinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

El número de especies estimadas y la cobertura del muestreo para la subfamilia Rutelinae, se refleja en la Tabla 11. La gráfica de acumulación de especies se representa en la Fig. 20.

Tabla 11. Muestreos, riqueza observada y riqueza esperada de especies de la subfamilia Rutelinae en el Parque Nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Muestreos	Riqueza	Riqueza esperada	
	acumulada	Jack 1	Chao 1
Noviembre	4	6.93	9.29
Diciembre	5	18.77	16.89
Enero	6	29.45	23.26
Febrero	8	38	28.39
Marzo	15	44.37	32.77
Abril	32	51.17	38.42
Cobertura del muestreo		62.54%	83.29%

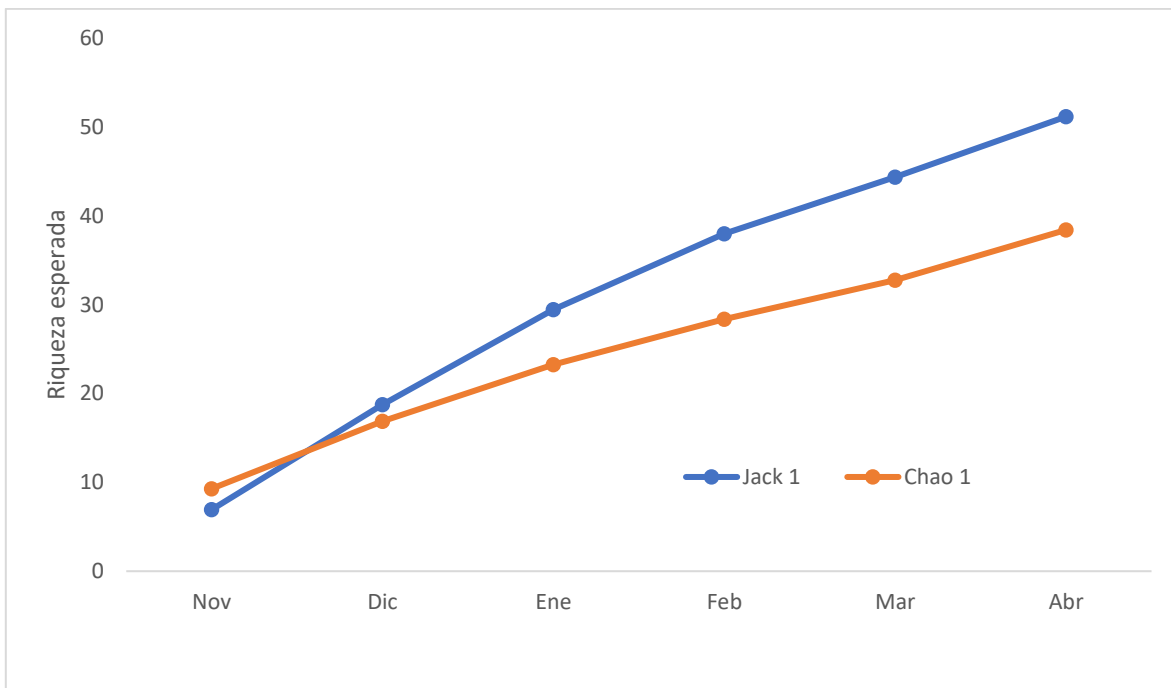


Figura 20. Curvas de acumulación de especies de la subfamilia Rutelinae. En azul (Chao 1), en anaranjado (Jack 1). Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

5.2.2. Abundancia.

Se capturaron 2197 escarabajo de la subfamilia Dynastinae, Melolonthinae y Rutelinae, en los seis meses de muestreos. Las especies con mayor abundancia relativa fueron: *Phyllophaga* sp1 (16.7%), *Anomala* sp1 (15%) y *Phyllophaga* sp2 (9.96%) (Fig. 21).

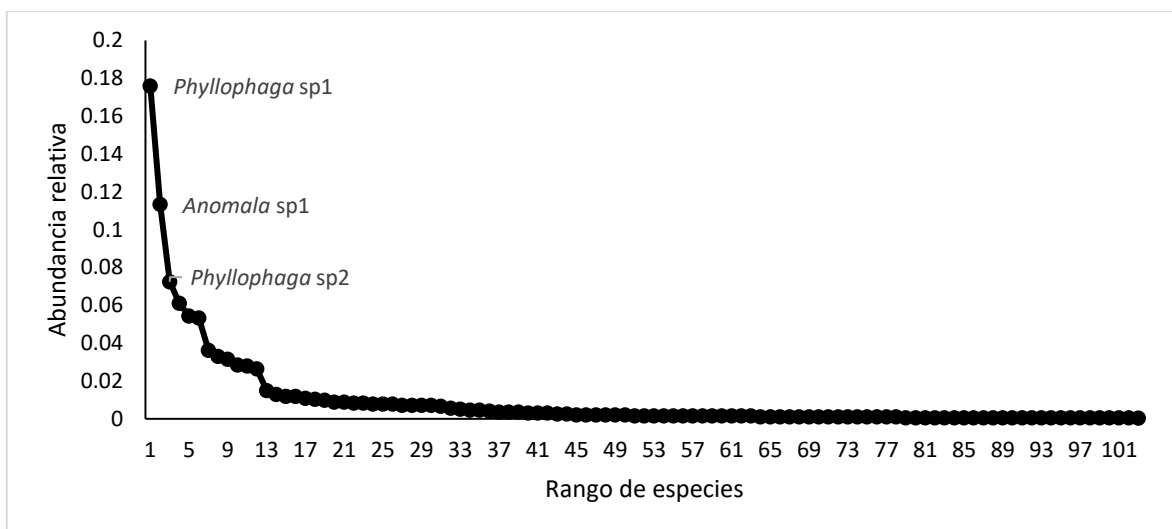


Figura 21. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Se capturaron 160 individuos de la subfamilia Dynastinae de los 2197 escarabajos en los seis meses de muestreos. Las especies con mayor abundancia relativa en la subfamilia Dynastinae fueron: *Cyclocephala* sp. *Cyclocephala multiplex*, *Cyclocephala lunulata*, *Cyclocephala deceptor* (Fig. 22).

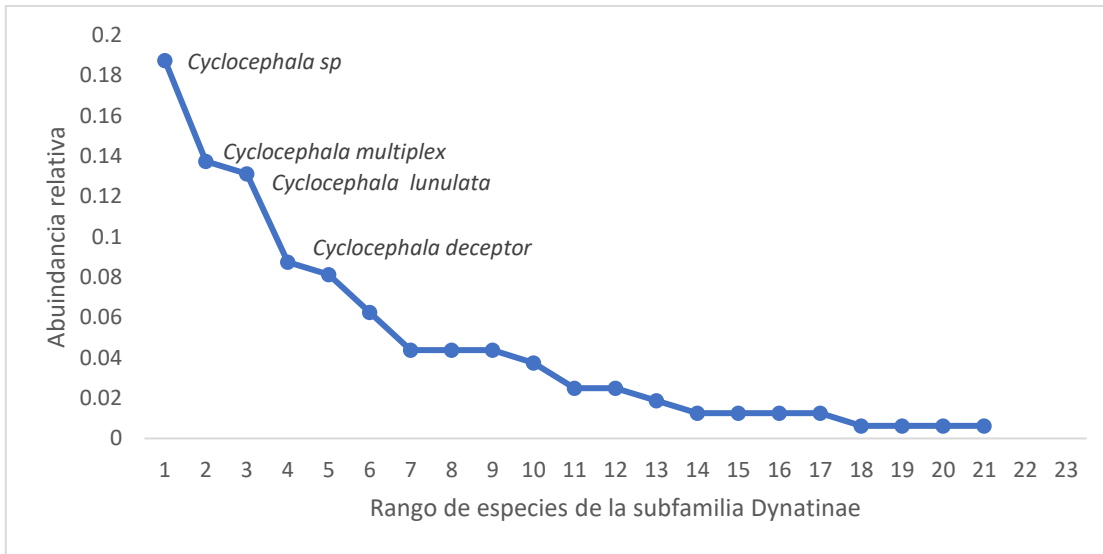


Figura 22. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Dynastinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Se capturaron 1202 individuos de la subfamilia Melolonthinae de los 2197 escarabajos en los seis meses de muestreos. Las especies con mayor abundancia relativa en la subfamilia Melolonthinae fueron: *Phyllophaga* sp1, *Phyllophaga* sp2, *Phyllophaga* sp20 (Fig. 23).

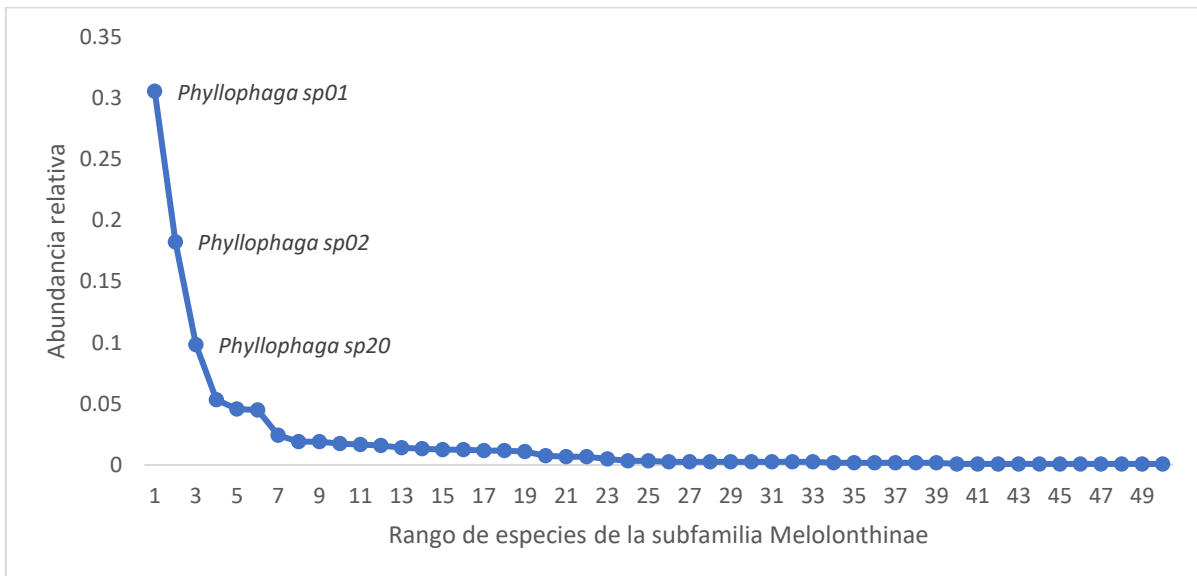


Figura 23. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Melolonthinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019.

Se capturaron 835 individuos de la subfamilia Rutelinae de los 2 197 escarabajos en los seis meses de muestreos. Las especies con mayor abundancia relativa en la subfamilia Rutelinae fueron: *Anomala* sp1, *Anomala* sp16, *Callistethus* sp2 (Fig. 24).

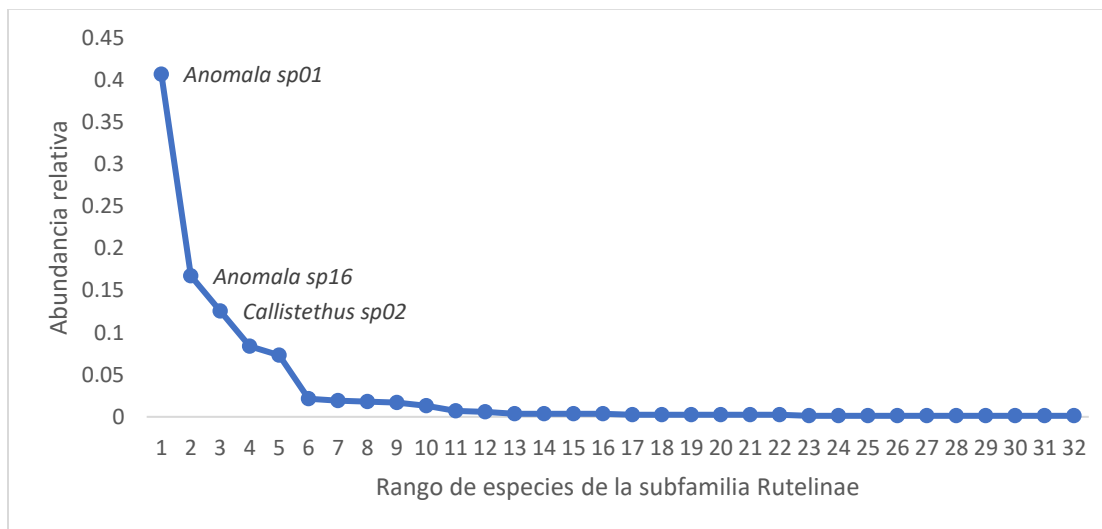


Figura 24. Curva rango-abundancia de las especies de escarabajos Rutelinae del parque nacional Montecristo de noviembre del 2018 a abril del 2019

5.2.3. Diversidad.

Los índices de diversidad y el análisis de diversidad verdadera se resumen en la Tabla 12.

La Fig. 25, representa una comparación gráfica de estos análisis.

Tabla 12. Análisis de diversidad verdadera. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril. Diversidad, q^0 = riqueza; q^1 = especies abundantes (exponencial del índice de Shanon); q^2 = especies dominantes (inverso del índice de Simpson).

Diversidad/Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
q^0	8	6	4	8	43	80
Índice de Shanon	1.95	1.08	1.39	1.48	3.22	2.98
q^1	7	3	4	4	25	20
Índice de Simpson	0.16	0.50	0.25	0.37	0.07	0.09
q^2	6	2	4	3	15	11

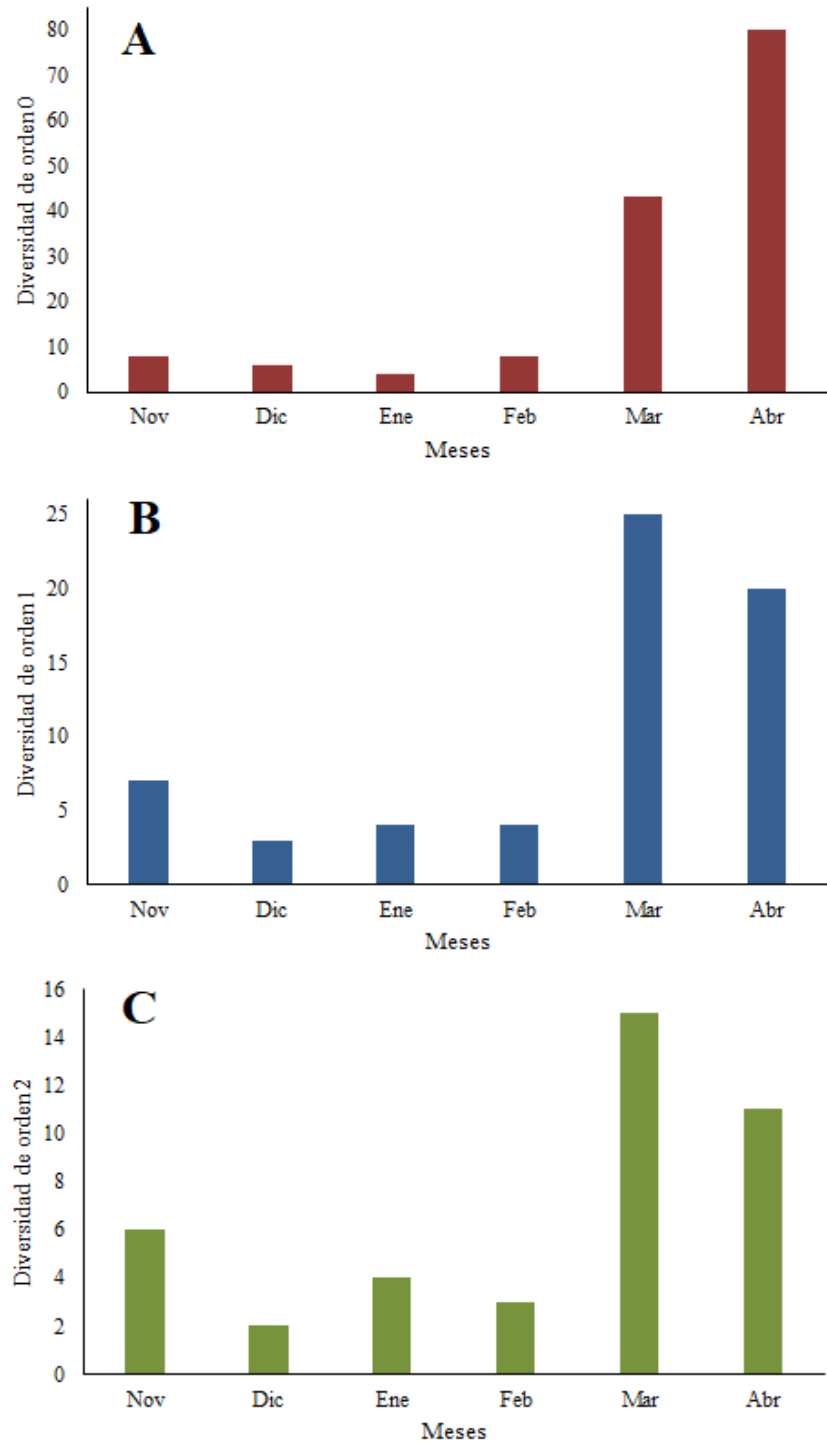


Figura 25. Diversidad de los escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del Parque Nacional Montecristo, en los seis meses de muestreo. A: q^0 = riqueza; B: q^1 = especies abundantes; C: q^2 = especies dominantes. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

5.2.4. Análisis de Varianza: Kruskal-Wallis.

La distribución de la abundancia de los escarabajos en cada mes no fue normal (Tabla 13). El análisis de Kruskal-Wallis detectó diferencias entre los meses. $H=21.29$, g.l.=5, $p=0.00$.

Tabla 13. Valores de Kolmogorov-Smirnov, g.l.=grados de libertad. Valores $p>0.05$ indican distribución no normal.

Muestras	Kolmogorov-Smirnov	g.l.	Valor p
Noviembre	0.49	11	0.00
Diciembre	0.30	10	0.013
Enero	0.36	7	0.007
Febrero	0.38	12	0.00
Marzo	0.35	79	0.00
Abril	0.33	222	0.00

Los resultados del Post-hoc Mann-Whitney, evidenciaron que abril fue el mes que causó variación, siendo diferente a todos los demás meses con excepción de diciembre (Tabla 14, Fig. 26).

Tabla 14. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p<0.05$ indican diferencias.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Noviembre	-	-	-	-	-	-
Diciembre	0.61	-	-	-	-	-
Enero	0.61	0.40	-	-	-	-
Febrero	0.41	0.20	0.79	-	-	-
Marzo	0.35	0.99	0.21	0.08	-	-
Abril	0.02	0.18	0.04	0.01	0	-

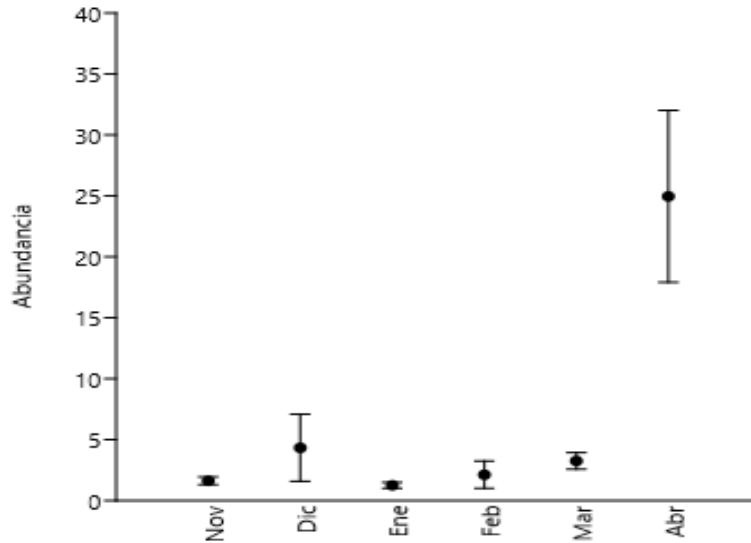


Figura 26. Abundancia de escarabajos en los seis meses de muestreo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

5.3. Análisis espacial: Parque Nacional Montecristo.

5.3.1. Diversidad.

Los índices de diversidad y el análisis de diversidad verdadera se resumen en la Tabla 15. La figura 27, representa una comparación gráfica de estos análisis.

Tabla 15. Análisis de diversidad verdadera. Sitios, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m. Diversidad, q^0 = riqueza; q^1 = especies abundantes (exponencial del índice de Shanon); q^2 = especies dominantes (inverso del índice de Simpson).

Diversidad/Altura	1	2	3	4	5
q^0	46	59	17	14	10
Índice de Shanon	3.19	2.60	1.53	1.74	2.16
q^1	24	13	5	6	9
Índice de Simpson	0.07	0.15	0.41	0.22	0.13
q^2	14	7	2	5	8

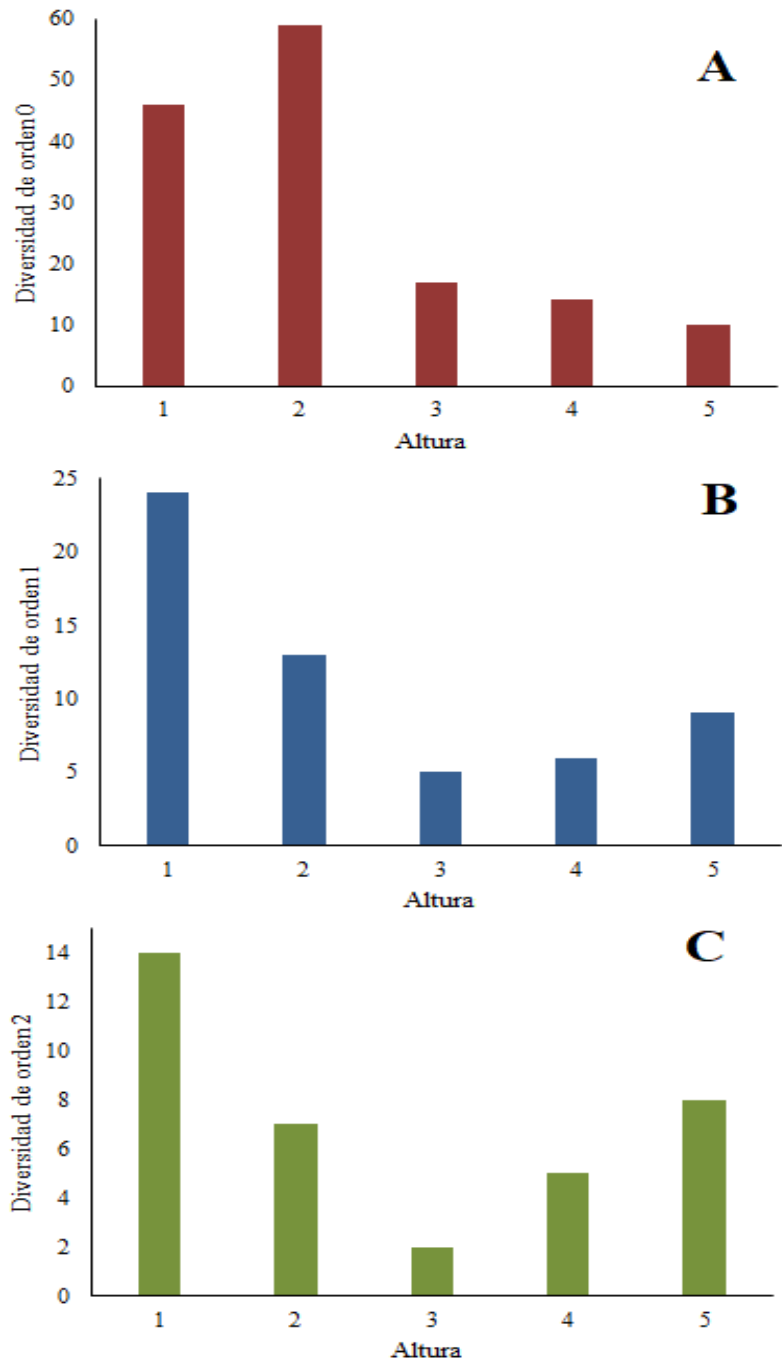


Figura 27. Diversidad de los escarabajos (Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) del Parque Nacional Montecristo, en las cinco alturas muestreadas. A: q^0 = riqueza; B: q^1 = especies abundantes; C: q^2 = especies dominantes. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

5.3.2. Análisis de Varianza: Kruskal-Wallis.

La distribución de la abundancia de los escarabajos en cada altura no fue normal (Tabla 16). El análisis de Kruskal-Wallis detectó diferencias entre las alturas, $H=10.53$, g.l.=5, $p=0.03$.

Tabla 16. Valores de Kolmogorov-Smirnov, g.l.=grados de libertad. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m. Valores $p>0.05$ indican distribución normal.

Altura	Kolmogorov-Smirnov	g.l.	Valor p
1	0.333	97	0.00
2	0.358	154	0.00
3	0.338	33	0.00
4	0.28	36	0.00
5	0.387	15	0.00

Los resultados del Post-hoc Mann-Whitney, evidenciaron que el sitio 1 (800 m s.n.m.) fue el mes que causo variación, siendo diferente a los sitios 2 (1066 m s.n.m.) y el sitio 4 (1889 m s.n.m.) (Tabla 17, Fig. 28).

Tabla 17. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p<0.05$ indican diferencias. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	-	-
2	0.01	-	-	-	-
3	0.07	0.97	-	-	-
4	0.02	0.46	0.58	-	-
5	0.92	0.08	0.12	0.07	-

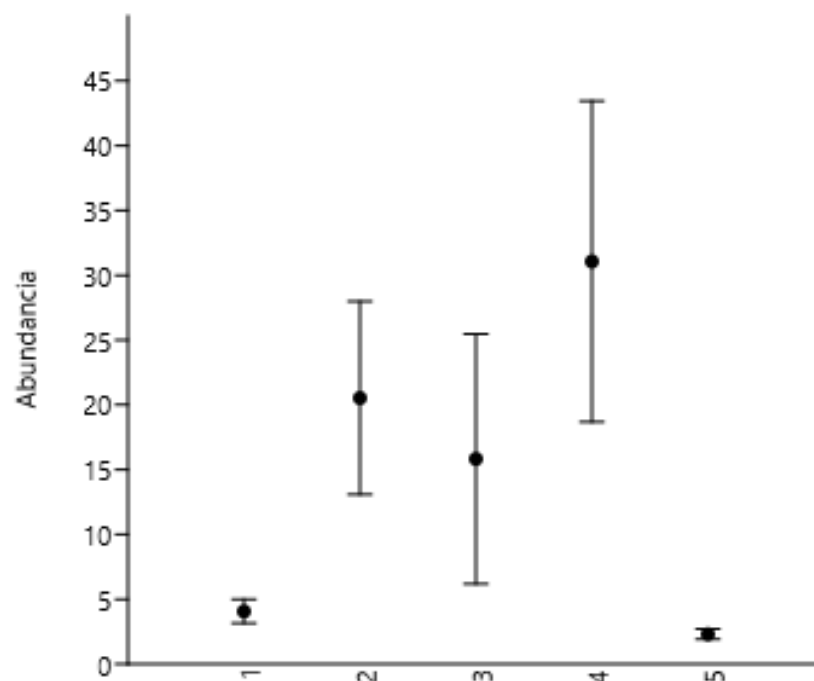


Figura 28. Promedios de las abundancias de escarabajos en los seis meses de muestreo. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

5.3.3. Diversidad Beta.

El índice de similitud de Jaccard evidenció que el ensamblaje de escarabajos en cada sitio era diferente (Tabla 18, Fig. 29).

Tabla 18. Valores del Índice de similitud de Jaccard. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	-	-
2	0.27	-	-	-	-
3	0.07	0.03	-	-	-
4	0.05	0.06	0.22	-	-
5	0.04	0.16	0.12	0.09	-

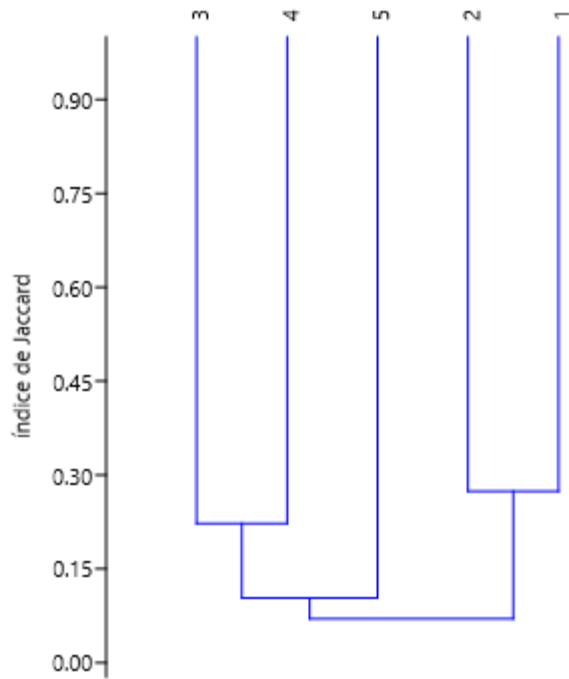


Figura 29. Dendograma del índice de similitud de Jaccard. Alturas, 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

5.4. Relaciones entre las variables ambientales (incluida la altura) y la diversidad de escarabajos.

Los resultados observados con la presión barométrica no mostraron diferencias significativas en relación a la altitud (Fig.31); pero si hubo una diferencia significativa en relación a los meses de muestreo que fueron de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019 (Fig. 30).

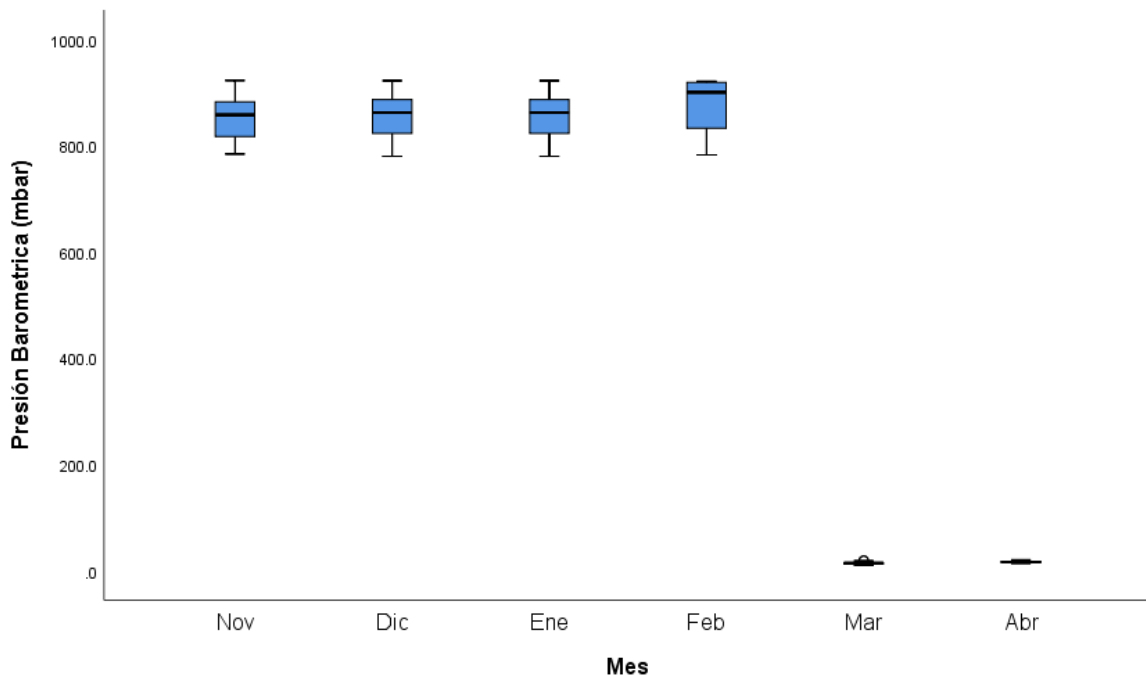


Figura 30. Presión barométrica presentada en los meses de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

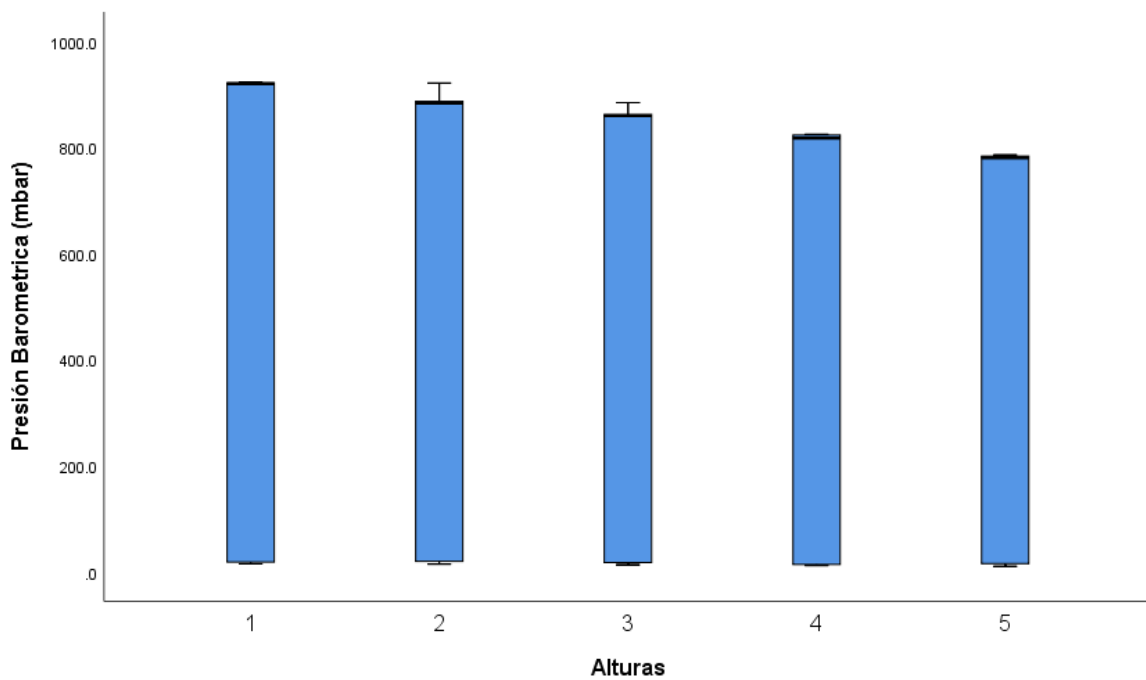


Figura 31. Presión barométrica presentada en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Alturas 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

Los resultados observados con la Humedad relativa muestran fluctuar tanto por los meses (Fig. 32), como por la altura (Fig. 33), sin embargo, estas variaciones son mínimas.

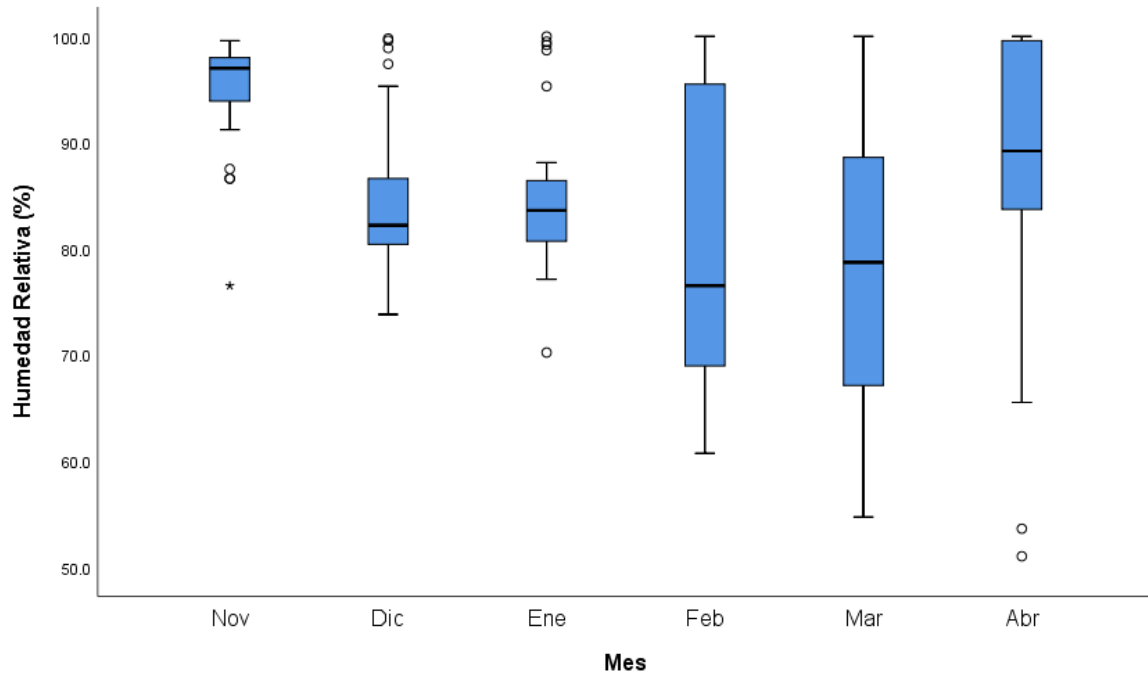


Figura 32. Humedad relativa presentada en los meses de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

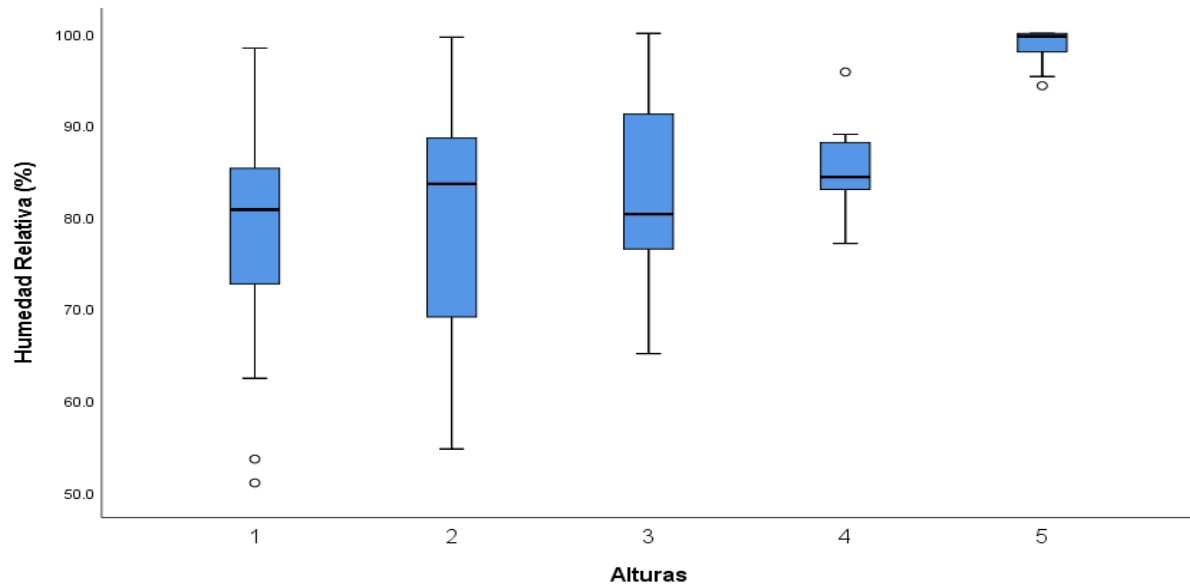


Figura 33. Humedad relativa presentada en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Alturas 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

Los resultados observados con la temperatura no mostraron diferencias significativas en relación a los meses que fueron de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019 (Fig.34); pero si hubo una diferencia significativa en relación a los sitios de muestreo (altitud), (Fig.35).

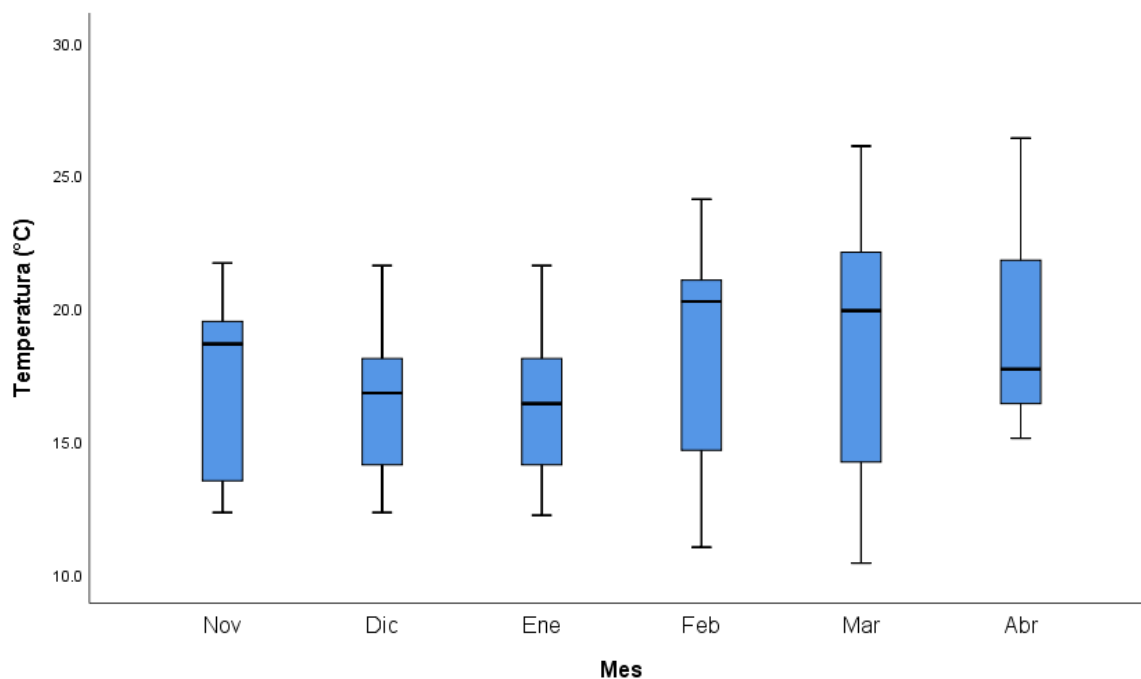


Figura 34. Temperatura presentada en los meses de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

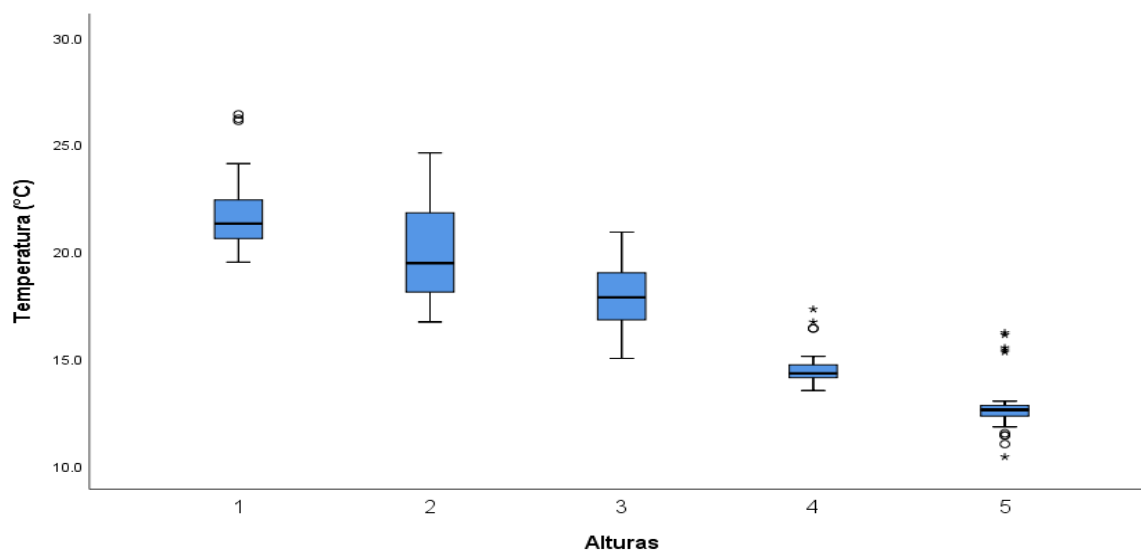


Figura 35. Temperatura presentada en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Alturas 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

Los resultados observados con la velocidad del viento, mostraron diferencias significativas en relación a los meses que fueron de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019 (Fig.36); no así conforme a los sitios de muestreo (altura), (Fig.37).

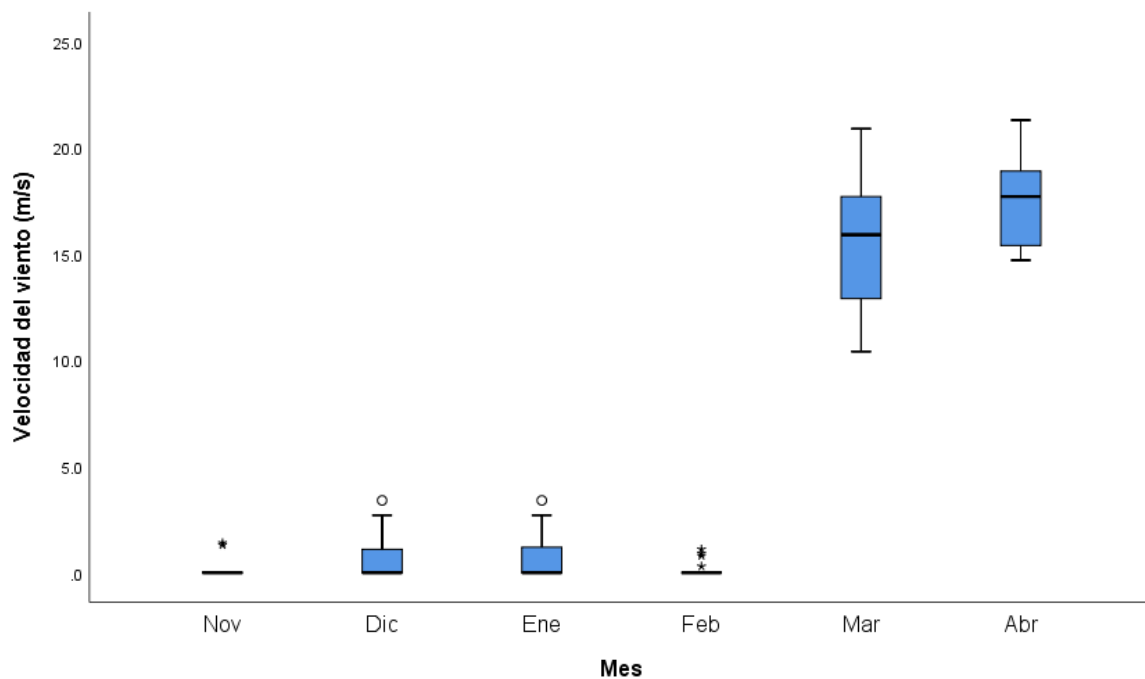


Figura 36. Velocidad del viento presentada en los meses de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

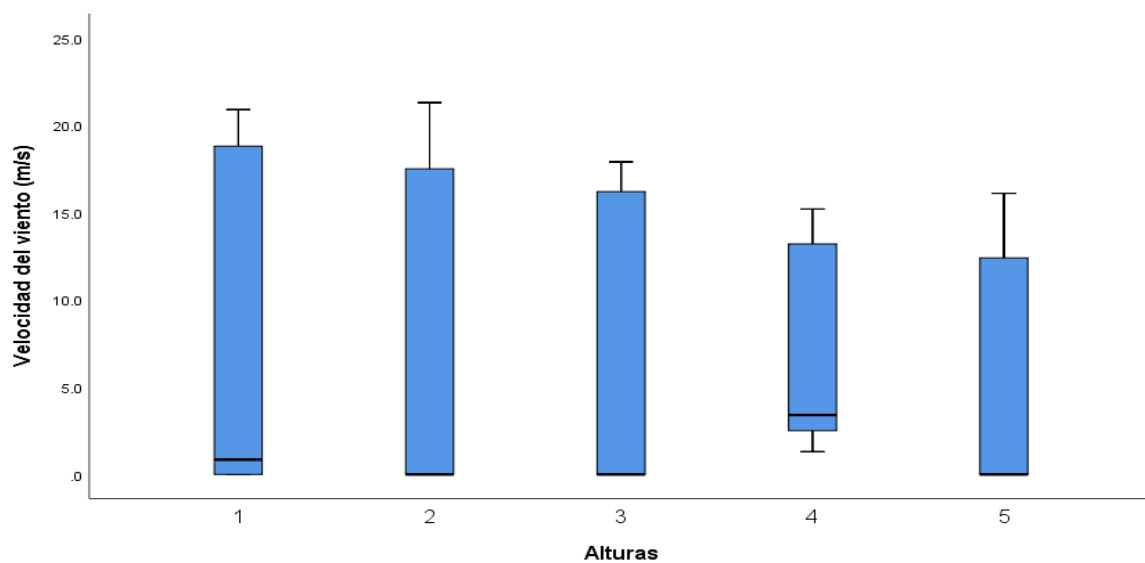


Figura 37. Velocidad del viento presentada en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Montecristo. Alturas 1: 800 m; 2: 1066 m; 3: 1446; 4: 1889 m; 5: 2269 m.

Según los promedios pluviales mensuales de noviembre del 2018 al mes de abril del 2019 muestra que en los meses de febrero como de abril es donde hubo mayores precipitaciones en el Parque Nacional Montecristo (Fig. 38)

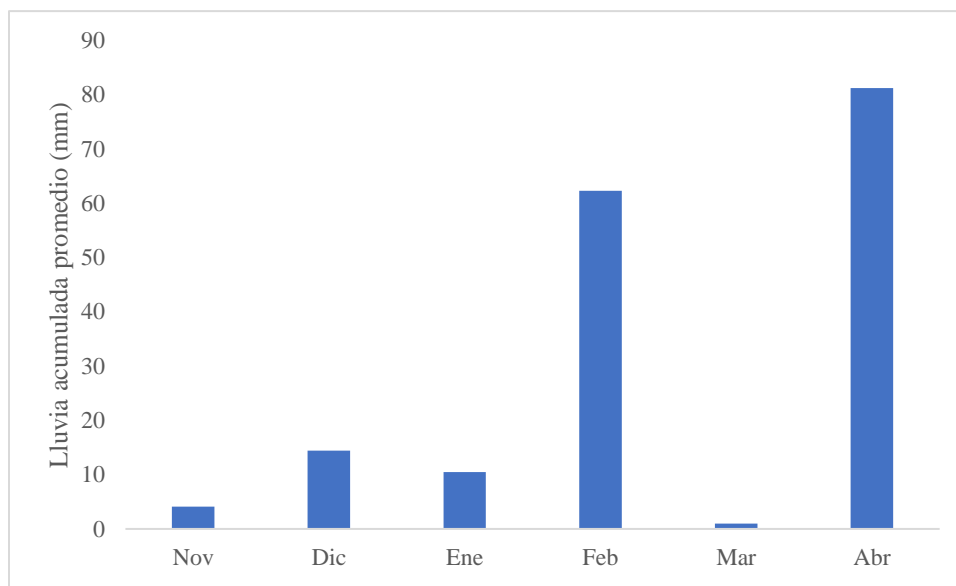


Figura 38. Promedios de precipitación presentada en los meses de muestreo en el Parque Nacional Montecristo, datos proporcionados por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de El Salvador. Meses, Nov: noviembre; Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Mar: marzo; Abr: abril.

Todas de las variables ambientales tuvieron una correlación directa con la riqueza y/o abundancia de escarabajos, a excepción de la humedad relativa. La presión barométrica y la altura tuvieron una correlación negativa con la riqueza y abundancia. La temperatura y la velocidad del viento, una correlación positiva con la temperatura y riqueza (Tabla 19).

Tabla 19. Resultados de la correlación de Spearman. S: Coeficiente de correlación de Spearman; Rho: medida de correlación.

Variable Independiente	Variable Dependiente	S	Rho	Valor p
Presión Barométrica	Riqueza	603714	-0.27	0.00
Presión Barométrica	Abundancia	603188	-0.26	0.00
Humedad Relativa	Riqueza	550516	-0.15	0.06
Humedad Relativa	Abundancia	549780	-0.15	0.07
Temperatura	Riqueza	264092	0.45	0.00
Temperatura	Abundancia	264563	0.45	0.00
Velocidad del viento	Riqueza	225101	0.53	0.00
Velocidad del viento	Abundancia	225750	0.53	0.00

5.4.1. Análisis de Correspondencia Canónica.

La interacción de todas las variables ambientales se muestra en la Fig. 39.

La interacción de la temperatura y la presión barométrica demostraron explicar más variación en la diversidad de escarabajos (Tabla 20).

Tabla 20. Valores del eje y su significancia. (Análisis de Correspondencia Canónica).

Eje	Eigenvalue	Valor p
1	0.91	0.09
2	0.61	0.80
3	0.59	0.01
4	0.00	0.07

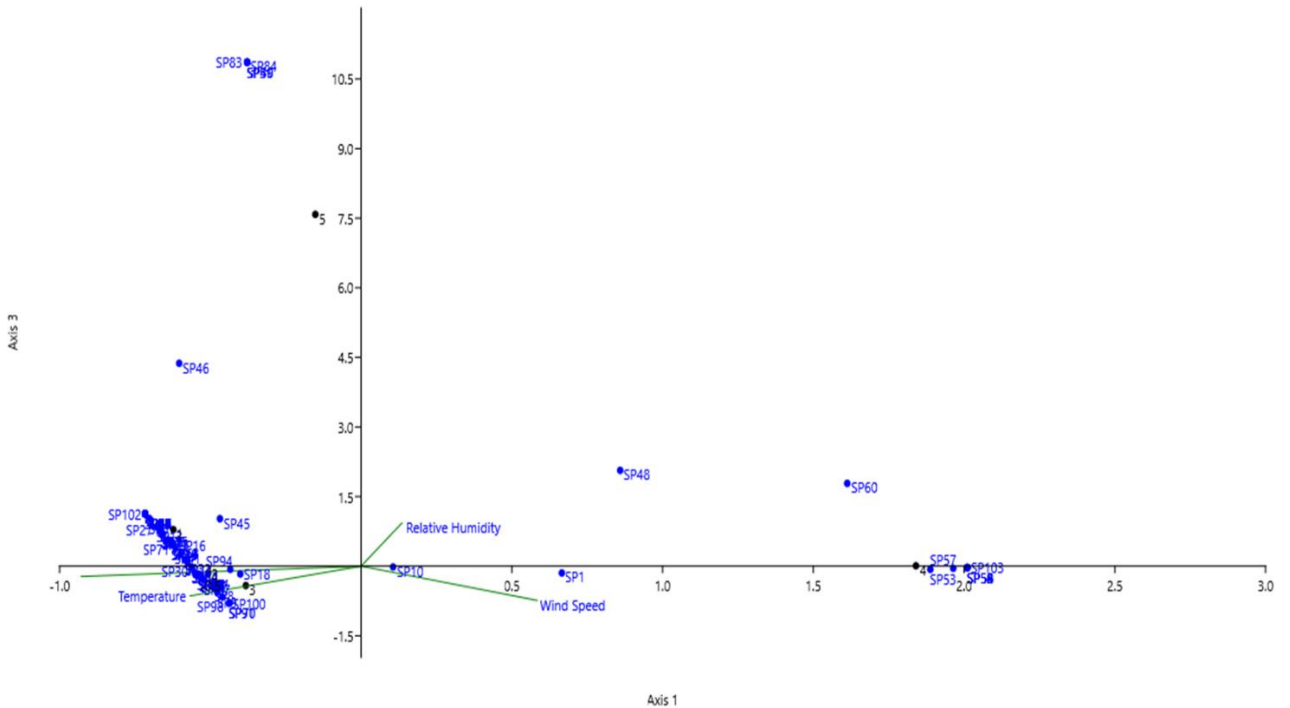


Figura 39. Representación gráfica del Análisis de Correspondencia Canónica.

5.5. Efectividad de las trampas.

5.5.1. Tipo de luz.

5.5.1.1. Riqueza.

En luz de mercurio se capturaron 90 especies y en luz ultravioleta 88 especies. 23 (22.33%) especies fueron exclusivas de luz de mercurio, 25 (24.27%) especies exclusivas de luz ultravioleta y 55 (53.4%) especies cayeron en ambas luces (Fig. 40). El análisis de Kruskal-Wallis no detectó diferencias en la riqueza capturada en ambos tipos de luz $H=0.54$, g.l.=1, $p=0.33$.

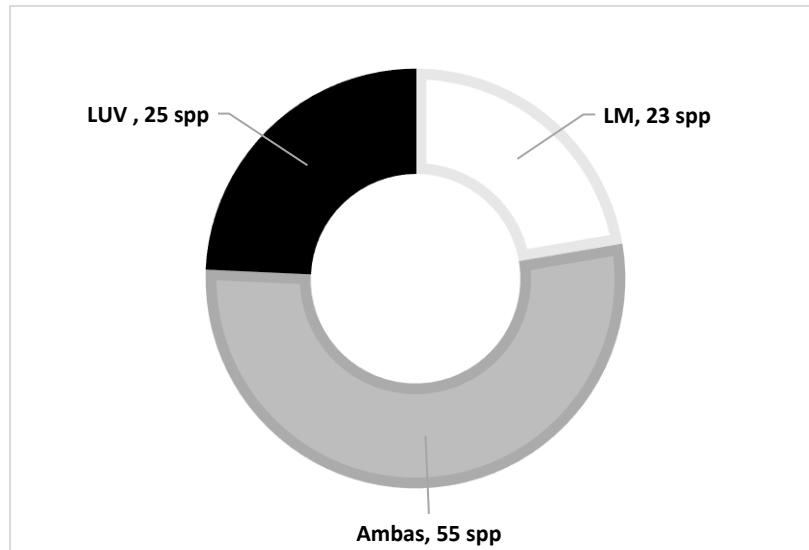


Figura 40. Riqueza capturada en las dos trampas. LUV: Luz ultravioleta; LM: Luz de Mercurio.

5.5.1.2. Abundancia.

En luz de mercurio se capturaron 724 escarabajos (33%) y en luz ultravioleta 1473 especímenes (67%). El análisis de Kruskal-Wallis detectó diferencias en la abundancia capturada en ambos tipos de luz $H=10.91$, $g.l.=1$, $p=0.00$ (Fig. 41).

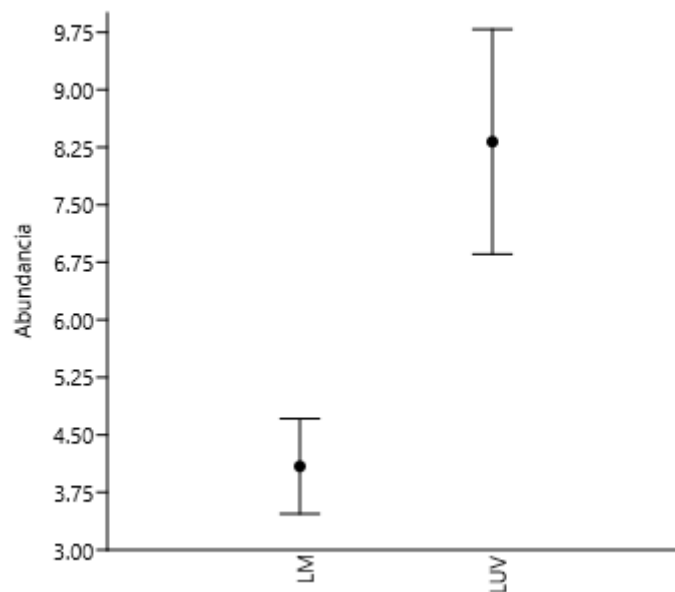


Figura 41. Promedios de las abundancias de escarabajos en los dos tipos de luz. LM: Luz de mercurio; LUV: Luz ultravioleta.

5.5.2. Hora de activación.

5.5.2.1. Riqueza.

La riqueza capturada en cada hora se resume en la Tabla 21. El análisis de Kruskal-Wallis detectó diferencias en la riqueza capturada en los diferentes horarios $H=8.08$, $g.l.=4$, $p=0.00$ (Fig. 42).

Tabla 21. Riqueza capturada. Riqueza específica: especies únicas en cada hora.

Hora	Riqueza	Riqueza específica
19:00	81	27
20:00	43	7
21:00	42	6
22:00	18	4
23:00	12	11

Los resultados del Post-hoc Mann-Whitney, evidenciaron que las 19:00 horas fue la hora que capturó mayor cantidad de escarabajos (Tabla 22, Fig. 42).

Tabla 22. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p<0.05$ indican diferencias.

	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
19:00	-	-	-	-	-
20:00	0.12	-	-	-	-
21:00	0.02	0.38	-	-	-
22:00	0.00	0.09	0.43	-	-
23:00	0.00	0.09	0.42	0.90	-

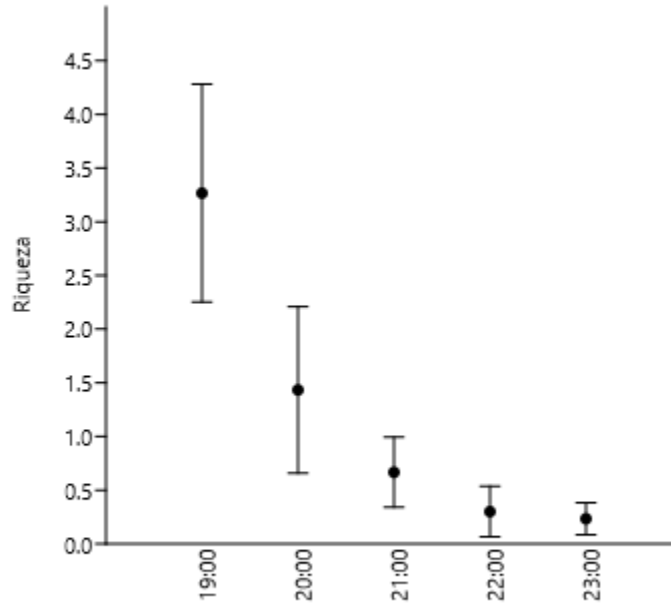


Figura 42. Riqueza de escarabajos en las horas de muestreo.

5.5.2.2. Abundancia

La abundancia capturada en cada hora se resume en la Tabla 23. El análisis de Kruskal-Wallis detectó diferencias en la abundancia capturada en los diferentes horarios $H=8.08$, $g.l.=4$, $p=0.00$ (Fig. 43).

Tabla 23. Abundancia de especies capturada en cada hora.

Hora	Abundancia
19:00	1124
20:00	459
21:00	297
22:00	282
23:00	35

Los resultados del Post-hoc Mann-Whitney, evidenciaron que las 19:00 horas fue la hora que capturó mayor cantidad de escarabajos, seguida por las 20:00 horas (Tabla 24, Fig. 43).

Tabla 24. Mann-Whitney Post-Hoc valores p. Valores $p < 0.05$ indican diferencias.

	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
19:00	-	-	-	-	-
20:00	0.04	-	-	-	-
21:00	0.01	0.40	-	-	-
22:00	0.00	0.00	0.06	-	-
23:00	0.00	0.00	0.02	0.75	-

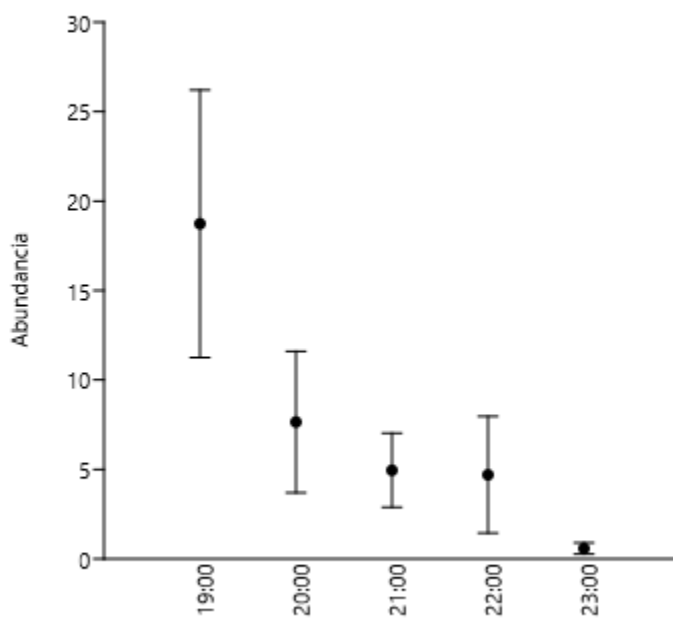


Figura 43. Abundancia de escarabajos en las horas de muestreo.

VI. DISCUSIÓN

Para El Salvador, se reportan al menos 99 especies de las subfamilias Dynastinae, Melolonthinae y Rutelinae. Para el Parque Nacional Montecristo (PNM) se reportaban 28 especies (Pablo-Cea com. pers). Las 103 especies capturadas en esta investigación representan un aporte significativo al conocimiento de estos grupos de escarabajos en El Salvador. Por ejemplo, áreas naturales de gran importancia, como el Parque Nacional El Imposible, el Parque Nacional Complejo Los Volcanes o el Área Natural Protegida El Pital cuentan con una riqueza de 32, 8 y 4 especies respectivamente, evidenciando la importancia del PNM como reservorio de la biodiversidad en el territorio (Pablo-Cea com. pers).

De las tres subfamilias, Dynastinae es la única que cuenta con un inventario nacional y un conocimiento razonablemente completo en el país (Rattcliffe y Cave 2006). Las 21 especies capturadas de la subfamilia Dynastinae (Tabla 2 y 3), representan un 91 % de las especies reportadas para el parque (s=23) y un 35% de todos los dinástinos conocidos de El Salvador (Rattcliffe y Cave 2006, Pablo-Cea com. pers.). El caso de las subfamilias Rutelinae y Melolonthinae, es distinto. De Rutelinae, se conocen 14 especies en El Salvador y sólo cinco especies habían sido reportadas dentro del PNM (Pablo-Cea et al. com. pers.). Las 32 especies encontradas en esta investigación (Tabla 6 y 7), representan un punto de inicio para el desarrollo del conocimiento de esta subfamilia, poca estudiada no sólo en el PNM, sino en todo el territorio salvadoreño. En el caso de Melolonthinae se conocían 25 especies para El Salvador y ninguna había sido oficialmente reportada para el sitio de estudio, por lo que las 50 especies capturadas (Tabla 4 y 5), representarían nuevos registros dentro del parque y el desarrollo del conocimiento de la subfamilia en el país.

La cobertura del muestreo es moderada (entre 62 a 79% de las especies esperadas en el parque) (Tabla 8, Fig. 17), debido principalmente a la estacionalidad del grupo de estudio (Villalobos-Moreno et al. 2018) y su mayor abundancia al inicio de la época lluviosa (Martínez-Hernández et al. 2010). En el período de este estudio, las primeras lluvias se dieron en marzo y principalmente en abril, mes conocido como “de transición seco-lluviosa” en El Salvador. Lo anterior, es evidenciable en el pico de riqueza observado en ambos meses, con el 91% de la riqueza total colectada en abril.

Es conocido que la disponibilidad de agua es uno de los factores más importantes para la biodiversidad y los escarabajos fitófagos no son la excepción. La entrada de la época lluviosa hace que las plantas reverdezcan completamente y permite que exista una mayor disponibilidad de recurso para que los escarabajos se alimenten y reproduzcan (Coulson 1962; Egger y Hoinka 1992; Hodkinson 2005). En esta investigación se observó un aumento en la abundancia de los escarabajos (Fig. 26), que fueron influenciados por las primeras lluvias (Fig. 40), siendo abril el mes con mayor cantidad de especímenes capturados. Como ya se mencionó, las lluvias afectan la diversidad, distribución y productividad de las plantas hospedadoras de los escarabajos, así como también la naturaleza de los suelos asociados. Aumentan la lixiviación de nutrientes del suelo, así como de la turba orgánica que proporcionan hábitats a las larvas de los escarabajos para su posterior desarrollo, lo que aumenta los niveles poblacionales de estos insectos (Coulson 1962; Egger y Hoinka 1992; Hodkinson 2005).

En base a los resultados observados, los efectos en la distribución del ensamblaje estudiado reflejan un patrón de riqueza jorobado, con el 39% de las especies en altitudes intermedias. Este comportamiento es explicado por Colwell y Lees (2000), que sugieren que la máxima concentración de especies se encuentra en altitudes medias ya que cuentan con las condiciones ecológicas favorables tanto para las especies de altas como de bajas altitudes. Si bien es cierto, este patrón no es el que se observa en todas las montañas, sí es el que más se espera que prevalezca, por ejemplo, García-López (2011) en Costa Rica evidenció este patrón para Scarabaeidae, mientras que Werenkraut (2010) en Argentina, trabajando con escarabajos epigaicos de montaña donde observó un patrón monotónico decreciente.

El patrón observado en este estudio pudo verse truncado. Esto debido a que no incluyó la parte inferior de la montaña, debido a la fuerte perturbación ecológica en su base. Este suceso es usual en las montañas en donde los asentamientos humanos se establecen en la base de las montañas y tienden a disminuir, de acuerdo la altura aumenta (McCain 2005). Por tal caso, es necesario considerar ese hecho al interpretar el patrón observado, ya que podría estar enmascarando la presencia de un patrón diferente, debido a no contener una parte de la montaña, donde se observan variaciones en la diversidad (McCain 2005, Rahbek 2005).

Los patrones de variación de la abundancia y riqueza de especies de las subfamilias estudiadas coincidieron entre sí. Werenkraut (2011) observó este mismo comportamiento con escarabajos en Argentina, sugiriendo que las variables ambientales que determinan varios aspectos de la diversidad que están relacionadas.

Por su parte la alta abundancia observada en el sitio 2 (Tabla 12 y Fig.28), podrían ser el resultado de la influencia del aumento de la productividad primaria neta en las altitudes intermedias. A elevaciones intermedias los insectos incrementan sus densidades poblacionales, ya que tienen mayor cantidad de recursos a disposición, debido al aumento de la productividad primaria neta de las plantas. Lo anterior debido a que la temperatura del período nocturno no es tan alta como en tierras bajas, ni tan baja como en la cima de la montaña (Rahbek 1995, Sandoval-Mojica y Fagua 2006).

McCain (2010) expone que las perturbaciones en los hábitats a lo largo de gradientes altitudinales podrían tener efectos negativos en la diversidad y abundancia de los grupos de estudio. Sin embargo, en el caso de este estudio, esto no pareció cumplirse debido a que el sitio 2, que se encontraba relativamente cerca de un asentamiento antropogénico registró valores altos de riqueza y abundancia. Esto puede explicarse, partiendo del hecho que Sloan (1985) señala que, en los hábitats heterogéneos con determinada perturbación asociados con parches, la invasión de las especies dependerá de la variabilidad ambiental y de la habilidad de las especies para explotarla.

El ensamblaje de escarabajos fue diferente en cada punto de muestreo (Tabla 21 y Fig.31), similar a lo observado por García López et. al. (2011), ellos encontraron que el ensamblaje de escarabajos variaba con relación a la altitud, mostrando una clara diferencia entre escarabajos de tierras bajas y escarabajos de tierras altas con especies exclusivas para cada altura, similar a lo observado en esta investigación. Por otra parte, los resultados obtenidos evidencian el efecto de la cercanía entre los puntos, donde los sitios más cercanos entre sí, son los menos disimiles. Es decir, los sitios 1 y 2 fueron menos disimiles entre sí, debido a la relativa cercanía entre ellos, al igual que los puntos 3 y 4. El sitio 5 que pertenece un estrato boscoso diferente es el menos similar a todos los demás, por lo que probablemente la distancia jugó un papel importante en esto. Cabe mencionar que el nivel de similitud entre

sitios es muy bajo, lo que evidencia una baja movilidad entre las especies de escarabajos que hay en el parque.

Por otra parte, los factores ambientales que se vieron correlacionados con la riqueza y abundancia de las subfamilias en el parque fueron temperatura, velocidad del viento, que presentaron una correlación positiva; y la presión barométrica y la altura una correlación negativa, solamente la humedad relativa no mostro correlación ni con la riqueza ni con abundancia (Tabla 22, 34 y 35).

La presión barométrica presentó una variación en su comportamiento durante los meses de muestro, siendo marzo y abril cuando hubo una mayor abundancia (97.17 % de los especímenes capturados). La presión barométrica puede ser afectada tanto por la altura como por el clima, dado que en este muestreo se observó la variación temporal de la presión barométrica en cada sitio (Fig. 32 y 33), se puede suponer que estos son debido al inicio de la época lluviosa y el aumento de precipitaciones (Fig. 40), haciendo que los valores de presión barométrica disminuyeran, en la (Fig. 40) se muestran los valores promedios mensuales de precipitación aclarando que las lluvias del mes de febrero fueron en la última semana, por lo tanto afectaron directamente los resultados debido a que el muestreo se realizó la primera semana de marzo. Esto coincide con Aguilar (2010), quien dentro de las recomendaciones para recolecta menciona que las condiciones son antes o después de una tormenta con una baja presión atmosférica.

Según Werenkraut (2010), las poblaciones de insectos que poseen una rápida respuesta y una gran sensibilidad fisiológica a los cambios de temperatura pueden presentar pistas sobre patrones de distribución. Según el análisis de correlación canónica, la temperatura fue un patrón influyente de la diversidad en este trabajo, pero hay que tomar en cuenta que la temperatura dentro de los sitios de muestreo siempre mantuvo la misma tendencia en el periodo de trabajo (Fig. 37), reflejando una relación positiva entre la temperatura y la riqueza de especies (Hawkins et al. 2003). Es decir, durante los seis meses de muestreo, la temperatura siempre disminuyo a medida aumentaba el gradiente altitudinal (Fig. 36), lo que concuerda con Barry (2008) el cual menciona que la temperatura disminuye a medida aumenta la altura sobre el nivel del mar. Con esto se puede decir que la temperatura fue una variable decisiva en la distribución altitudinal de la diversidad, McCain (2007) menciona

que, si la temperatura está determinando la riqueza de elevación de especies, el patrón predicho es que la diversidad disminuirá a medida aumenta la altura, lo que coincide con lo observado en esta investigación. Según Kaspari y Wieser (1999) y Farji-Brener et al. (2004) ensamblajes de coleópteros y hormigas se asocian a cambios ambientales relacionados con la temperatura, la cobertura vegetal y ciertas características locales de los suelos sugiriendo que los insectos perciben micro-ambientes que el ojo humano no llega a detectar.

La influencia de la velocidad del viento en la riqueza y abundancia presentó una correlación positiva. La velocidad del viento puede verse afectada tanto por la topografía como por el clima. En esta investigación la variación de la velocidad del viento no tuvo una variación espacial sino temporal (Fig. 38 y 39), aumentando la velocidad del viento en los meses de inicio de la época lluviosa (marzo y abril con promedios de 60.33 y 66.85 km/h respectivamente), a diferencia de Reyna (1979), quien registró para el Parque Nacional Montecristo, velocidades de hasta 80 km/h en octubre y noviembre. Según Hodkinson et al. (2002) el impacto del aire en movimiento no siempre es negativo, la velocidad del viento puede servir para mover y dispersar insectos alrededor para satisfacer sus necesidades fisiológicas, es decir aumenta el área donde buscan sus alimentos, por lo tanto la velocidad del viento contribuyo a que los especímenes tuvieran una mayor posibilidad de quedar dentro del área de efecto de las trampas de luz, aumentando de esta manera su diversidad durante el periodo donde la velocidad del viento aumento. La influencia del viento actuó de manera positiva en este estudio, contrario a lo que usualmente se sugiere que para tener capturas deben de ser noches sin vientos (Aguilar 2010)

Con respecto a las luces utilizadas, la eficacia entre la luz ultravioleta y la luz de mercurio en la captura de riqueza no se encontró diferencias significativas ($H=0.54$, $g.l.=1$, $p=0.33$). Es destacable que casi la mitad de las especies colectadas tuvieron preferencia hacia la luz ultravioleta, con un 24.27% de las especies totales y un 22.33% tuvieron preferencia por la luz de mercurio, dándole importancia al uso de ambos tipos de luz en el muestreo de estos organismos (Fig. 42), coincidiendo con García-López (2011) que en su estudio confirma la existencia de diferentes preferencias entre los insectos para fuentes de luz específicas. En cuanto a la abundancia, se colectaron el 33% de los individuos en luz de mercurio y 67% en luz ultravioleta, esta diferencia deja claramente establecido ($H=10.91$, $g.l.=1$, $p=0.00$, Fig.

43) que este tipo de luz es la adecuada para la captura de individuos. Un comportamiento distinto es el mencionado por Aguilar (2010), donde ambos tipos de luces atrajeron diferentes especies, pero con una abundancia similar.

De acuerdo a los resultados de Kruskal Wallis las horas de muestreo afectaron a la riqueza y la abundancia de los especímenes colectados en el parque (Tabla 24, Tabla 25, Fig. 44, Tabla 26, Tabla 27 y Fig. 45), siendo en las horas 7:00 y 8:00 pm donde aumenta la abundancia de escarabajos y entre las 7:00 y 9:00 pm el periodo de tiempo en el cual se colectaron mayor número de especies, lo que concuerda con Coddington et al. (2009) y Aguilar (2010) que consideran que las cinco primeras horas de la noche son más efectivas que las últimas cinco. Dada su elevada eficacia y ventajas logísticas se ha recomendado el uso de trampas de luz ultravioleta durante las primeras horas de la noche como el mejor método de muestreo en estudios de biodiversidad de estos escarabeidos.

VII. CONCLUSIONES

- En el Parque Nacional Montecristo, se encontraron 103 especies de las tres subfamilias estudiadas, cuatro especies más de las que se pueden encontrar en el país y 75 especies más de las registradas anteriormente en el parque, esto representa que actualmente los estudios que se han realizado, tanto en el parque como en el país han sido limitados, y que aún se desconoce mucho sobre estas subfamilias.
- Los estimadores de riqueza indican que el parque tiene un mayor potencial para capturar más especies en las subfamilias muestreadas.
- La curva rango abundancia evidencio que *Phyllophaga* sp1, *Anomala* sp1 y *Phyllophaga* sp2 fueron las especies dominantes (en términos de número de especímenes capturados) en el parque.
- La diversidad observada en los meses de marzo y abril demuestran un aumento debido al inicio de la época lluviosa. En el mes de enero se presentó la menor diversidad por ser parte de la época seca.
- Los ensamblajes de escarabajos mostraron una gran diversidad al no compartir especies entre los diferentes puntos de muestreo.
- La influencia de los factores ambientales sobre la riqueza y la abundancia de las subfamilias estudiadas al ser muy variante respecto a la altitud y a la temporalidad, es necesario aumentar el tiempo de su estudio para determinar un patrón de comportamiento en concreto.
- El efecto de la presión barométrica sobre la abundancia y riqueza de las subfamilias podría estar variando temporalmente (entre meses), más no espacialmente (entre sitios), donde el nivel de precipitaciones juega un fuerte rol.
- El comportamiento de la temperatura en la distribución altitudinal de la diversidad, podría estar sugiriendo un patrón monotónico decreciente.
- La velocidad del viento aumentó en la misma proporción que la diversidad, y su influencia podría estar significando una dispersión más efectiva para las subfamilias de escarabajos.
- La luz ultravioleta mostro ser más efectiva para observar abundancia en las tres subfamilias no así para la riqueza que no presenta diferencias significativas respecto a la de luz blanca, mientras que las horas más convenientes para coleccionar individuos

de las tres subfamilias son las 7:00 PM y las 8:00 PM que es donde se observo mayor actividad de los escarabajos respecto al resto de horas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuros estudios enfocados en la temporalidad se amplíe el rango de muestreo para cubrir en su totalidad la época seca y la época lluviosa.
- Se les recomienda a futuros investigadores que usen trampas de luz ultravioleta y de luz blanca, que adquieran y se capaciten en conocimientos básicos de mecánica con los que puedan solventar cualquier imprevisto en campo.
- Con respecto a los trámites legales para el muestreo en campo se recomienda realizarlos con mucha anticipación al trabajo y tomar en cuenta para las fechas de muestreo cualquier imprevisto climático que pueda suceder.
- Debido a lo complejas y subjetivas que pueden ser las características taxonómicas de las subfamilias estudiadas y su identificación en las guías de identificación taxonómica, se recomienda consultar siempre a un experto sobre el tema para tener una identificación taxonómica exacta.
- Tomar en cuenta que, tanto la trampa de luz ultravioleta como la de mercurio, son complementarias cuando se quiere observar riqueza de especies en las subfamilias estudiadas. En cuanto a la abundancia, es importante tomar en cuenta que la luz ultravioleta es la más indicada para capturar mayor número de especímenes.
- Se recomiendan las primeras tres horas de la noche para observar mayor abundancia y riqueza de escarabajos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [MAG/PAES/CATIE] Ministerio de Agricultura y Ganadería Programa Ambiental de El Salvador y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 2003. Plan de manejo del Parque Nacional Montecristo. 200.
- [MARN/PACAP]. 2011. Mapa de los ecosistemas de El Salvador, actualización enero 2011. San Salvador.
- [MARN] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Sistema de Información Ambiental, CD – 1. San Salvador, El Salvador.
- Aguilar C. 2010. Methods for Catching Beetles. Naturalia Scientific Collection, Montevideo-Asunción.
- Allen AP, Brown JH, Gillooly JF. 2002. Global biodiversity, biochemical kinetics, and the energetic-equivalence rule. *Science*, 297, 1545–1548.
- Amat-García G, Gasca HJ, Amat E. 2005. Guía para la cría de escarabajos. Fundación Natura, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Bancoideas Impresores. 80.
- Amat-García G, Gasca-Álvarez H. 2010. Synopsis and key to the genera of Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Scarabaeidae) of Colombia. *ZooKeys* 34:153–192.
- Andersen AN, Hoffman BD, Müller J, Griffiths AD. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. Tropical Savannas Cooperative Research Centre, Division of Sustainable Ecosystems, CSIRO Tropical Ecosystems Research Centre. CSIRO Mathematical and Information Science. British Ecological Society Blackwell Science Ltd.
- Anslow FS, Shawn MJ. 2002. An investigation of local alpine terrestrial lapse rates in the Canadian Rockies. pp. 1. Proceedings of the 32nd Annual Arctic Workshop, INSTAAR, University of Colorado, Boulder.
- Aragón García A, Morón MA, López-Olguín JF, Cervantes-Peredo LM. 20005. Ciclo de vida y conducta de adultos de cinco especies de *Phyllophaga harris*, 1827 (coleoptera:

melolonthidae; melolonthinae). Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: Departamento de entomología, instituto de ecología.

Arrow GJ. 1917. The fauna of British India, including Ceylon and Burma. Coleoptera: Lamellicornia, part 2. (Rutelinae, Desmonychinae, and Euchirinae). Taylor and Francis, London.

Arrow GJ. 1925. The Fauna of British India, Including Ceylon and Burma. Coleoptera Lamellicornia (Cetoninae and Dynastinae). Taylor and Francis, London, UK. 322 pp. 2.

Auger M, Box PO, Coulombe C, Frechette M, Hebert C, Jobin L, Pelletier G, Germain C. 2000. An Efficient Pit-light Trap to Study Beetle Diversity pp. 12.

Barry RG. 1992. Mountain climatology and past and potential future climatic changes in mountain regions - a review. *Mountain Research and Development* 12, 71–86.

Barry RG. 2008. Mountain weather and climate. Cambridge university press. Third edition. 506.

Basualdo CV. 2011. Choosing the best non-parametric richness estimator for benthic macroinvertebrates database. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 70 (1-2): 27-38.

Bates HW. 1888a. Pectinicornia and Lamellicornia, Family Dynastidae. In, Godman, F. D. and O. Salvin (editors), *Biologia Centrali-Americana. Insecta, Coleoptera, Volume 2, pt. 2: 296-342.*

Bates HW. 1888b. *Insecta Coleoptera Rutelidae*, pp 216-296. In F. D. Godman and O. Salvin (eds.), *Biologia Centrali- Americana, volume 2, part 2. 432 pp.*

BID/CTPT. 2005. Diagnóstico ambiental y Socioeconómico del Área Protegida Trinacional Montecristo.

Blackwelder RE, Arnett RH. 1974. Checklist of the beetles of Canada, United States, Mexico, Central America and the West Indies. North American Beetle Fauna Project (red

- version). Volume 1, part 3. The scarab beetles, ant-loving beetles, clown beetles and related groups. The Biological Research Institute of America, Latham, USA, 120 pp.
- Bowden J. 1973. The influence of moonlight on catches of insects in light-traps in Africa. Part II. The effect of moon phase on light trap catches. *Bulletin of Entomological Research* 63: 129-142.
- Braak CJFT, Smilauer P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, USA.
- Braak CJFT. 1986. Canonical correspondence analysis: anew eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167–1179.
- Britton EB. 1978. A revision of the chafers (Coleoptera: Scarabaeidae; Melolonthidae). Vol. 2. Tribu Melolonthini. *Australian Journal of Zoology, Suppl. Series* 60: 1-150.
- Bouchard P, Bousquet Y, Davies AE, Alonso-Zarazaga MA, Lawrence JF, Lyal CHC. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*. 88: 1-972.
- Brown ES, Taylor LR. 1971. Lunar cycles in the distribution and abundance of airborne insects in the equatorial highlands of East Africa. *Journal of Animal Ecology* 40: 767-779.
- Bubenas O, Damborsky M, Diodato L, Fuster A. 2006. Contribución al conocimiento de los escarabajos (Coleoptera, Scarabaeidae) del bosque Del Chaco Semiárido, Argentina. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. 14.
- Burmeister H. 1844. *Handbuch der Entomologie*, vol. 4, part 1. T. C. F. Enslin, Berlin. 586 pp.
- Cardoza Ruiz FS. 2011. Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, El Salvador. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

- Cave RD, Ratcliffe BC. 2009. Sondeo biótico e inventario de los escarabajos dinástidos de Mesoamérica, Norteamérica y las Antillas: un proyecto multinacional a largo plazo. Cuadernos de biodiversidad.:5–13.
- Chown SL, Nicolson S. 2004. Insect Physiological Ecology. Oxford University Press.
- Coddington J, Coscaron M, Corronca J, Melo MC. 2009. Estimating biodiversity: a case study on true bugs in argentinian wetlands. *Biodiversity and Conservation*. 18:1491–1507.
- Colwell R, Erwin T, Kremen C, Murphy D, Noss R, Sanjayan M. 1993. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology*. 7:796–808.
- Colwell R, Lees D. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 70–76.
- Colwell RK, Hurtt GC. 1994. Non biological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *American Naturalist*, 144, 570–595.
- Colwell RK. 2005. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0 users guide and application. Version by R.K. Colwell.
- Coulson JC. 1962. The biology of *Tipula subnodicornis* Zetterstedt, with comparative observations on *Tipula paludosa* Meigen. *Journal of Animal Ecology* 31, 1–21.
- Crotch GR. 1873. Checklist of the Coleoptera of America, north of Mexico. Naturalist Agency, Salem, MA. 136 pp.
- Dechambre R.P. 1986. Insectes coléopteres Dynastidae. *Fauna de Madagascar* 65: 1-215.
- Delgado L, Perez A. y J Blackaller. 2000. Claves para determinar a los taxones genericos y supragenericos de Scarabaeoidea Latreille, 1808 (Coleoptera) de Mexico. *Folia Entomolo. Mex.* 110: 33-87.
- Deloya C, Reyes-Castillo P, León G, Gutiérrez-Velázquez A, Ruiz S, González E, Gasca HJ, Huicochea EA, Martínez C. 2016. Escarabajos Del Estado De Michoacán,

- (Coleoptera: Scarabaeoidea). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 35pp.
- Dodson R, Marcks D. 1997. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate Research* 8, 1–20.
- Egger J, Hoinka KP. 1992. Fronts and orography. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 48, 3–36.
- Endrődi S. 1985. *The Dynastinae of the world*. Dordrecht. Boston: Hingham, MA: Dr W. Junk Publishers; Distributors for the United States and Canada, Kluwer Boston (Series entomologic).
- Escalante P, Navarro AG, Peterson AT. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En T. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, y J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución* (pp. 279-304). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Feinsinger P. 2003. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial FAN.
- Ferreira MC. 1965. Contribuicao para o estudo dos dinastineos africanos. *Revista Entomologica de Mocambique* 8: 2-348.
- Frey G. 1964. Die kolumbianischen Arten der gattung *Isonychus* (Coleoptera: Melolonthidae). *Ent. Arbeiten Mus. Frey*, 15: 319-333.
- Frey G. 1973. Synopsis der súdamerikanischen Sericinen (Col. Scarab. Melolonthidae). *Ent. Arbeiten Mus. Frey*, 24: 315-366.
- Frey G. 1975. Bestimmungstabelle der sudamerikanischen arten der gattung *Phyllophaga* Harris and ihrerunter gattung *Phytalus* Er. (Coleoptera: Melolonthidae). *Ent. Arbeiten Mus. Frey*, 26: 201-226.
- García-López A, Galante E, Micó E. 2012. From lowlands to highlands: searching for elevational patterns of species richness and distribution of scarab beetles in Costa Rica. *Diversity and Distributions*. 18:543–553.

- García-López A, Micó E, Zumbado MA, Galante E. 2011. El muestreo de los escarabajos en los bosques tropicales: El efecto de la fuente de luz y los periodos de muestreo noche. *Diario de la Ciencia de insectos*. Vol. 11. Artículo 95. 14.
- García-López A, Micó E, Numa C y Galante E. 2010. Spatio-temporal Variation of Scarab Beetle Assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae) in the Premontane Rain Forest in Costa Rica: A Question of Scale. *Annals of the Entomological Society of America*. 103. 956-964.
- Geiger R, Aron RH, Todhunter P. 1995. *The Climate Near the Ground*, 5th edn, Vieweg, Wiesbaden.
- Gotelli NJ, Chao A. 2013. Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. In: Levin S.A. (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*, second edition, Volume 5, pp. 195- 211. Waltham, MA: Academic Press.
- Gutierrez D, Menendez R. 1995. Distribution and abundance of butterflies in a mountain area in the northern Iberian Peninsula. *Ecography*. 18:209–216.
- Gutiérrez-Illán J. 2009. Efectos del cambio climático sobre las poblaciones de lepidópteros de la Sierra de Guadarrama. Modelos predictivos. Tesis doctoral. Universidad Rey Juan Carlos, 237.
- Haldeman SS, LeConte JL. 1863. *Catalogue of the described Coleoptera of the United States*.
- Hammer OD, Harper, Ryan P. 2001. PAST: paleontological statistics software for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4: 1-9.
- Hardy AR. 1991. A catalog of the Coleoptera of America North of Mexico. Family Scarabaeidae, subfamilies: Rutelinae and Dynastinae. *USDA Agriculture Handbook* 529-34b: 1-56.
- Hardy AR. 1974. Revisions of Thyce LeConte and related genera (Coleoptera: Scarabaeidae). No.20: 1-47.
- Hewitt PG. 2004. *Física conceptual*. novena edición. Pearson educación, México. 816pp.

- Henderson P, Southwood T. 2000. *Ecological-Methods-3rd-edition*. Blackwell Science LTD.
- Henshaw S. 1895. Third supplement to the list of Coleoptera of America, north of Mexico. American Entomological Society. Philadelphia. 62 pp.
- Heywood V, Watson R. 1995. *Global biodiversity assessment*. :3.
- Hill JK, Thomas CD, Fox R, Telfer MG, Willis SG, Asher J, Huntley B. 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proceedings: Biological Sciences*, 269(1505), 2163-71.
- Hirao T, Murakami M, Kashizaki A. 2008. Effects of mobility on daily attraction to light traps: comparison between lepidopteran and coleopteran communities. *Insect Conservation and Diversity*. 1:32–39.
- Hodkinson ID, Webb NR, Coulson SJ. 2002. Primary community assembly on land – the missing stages: why are the heterotrophic organisms always there first. *Journal of Ecology* 90, 569–577.
- Hodkinson ID. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*. 80:489.
- Humphries CJ, Williams PH, Wright RIV. 1995. Measuring Biodiversity Value for Conservation. *Annu Rev Ecol Syst.*:19.
- Jaccard P.1912. The distribution of flora in the alpine zone. *The New Phytologist*, 11, 37–50.
- Jameson ML and Ratcliffe BC. 2011. The Neotropical Scarab Beetle Tribe Anatistini (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum* 26: 1-100.
- Jameson ML, Ratcliffe BC. 2002. Series Scarabaeiformia Crowson 1960 (Lamellicornia) Superfamily Scarabaeoidea Latreille 1802. Introduction, pp. 1-5. *In*: Arnett, R. H. Jr., M. C. Thomas, P. S. Skelley & J. H. Frank (Eds.). *American Beetles Volume 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*. CRC Press, Boca Raton, 2: 881 p.

- Jameson ML. 1997. Phylogenetic analysis of the subtribe Rutelina and revision of the *Rutela* generic groups (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Rutelini). Bull. Univ. Nebraska St. Mus., 14: 1-184.
- Jameson ML. 1998. Phylogenetic analysis of the subtribe Rutelina and revision of the *Rutela* generic groups (Coleoptera: Scarabaeoidea: Rutelinae: Rutelini). Bulletin of the University of Nebraska State Museum 14:1-184.
- Jameson ML. 2008. Review of the genus *Microchilus* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Geniatini). Insecta Mundi 0025: 1-14.
- Janzen DH. 1976. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. Rev Biol Trop. 24(1):687-708.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. Oikos, 113, 363–375.
- Kato M, Itioka T, Sakai S, Momose K, Yamane S, Hamid AA, Inoue T. 2000. Various population fluctuation patterns of light-attracted beetles in a tropical lowland dipterocarp forest in Sarawak. :8.
- Kent M, Coker P. 1992. Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach. CRC Press. Florida, U.S.A. 363 pp.
- King ABS. 1996. Biología, identificación y distribución de *Phyllophaga* spp. de importancia económica en América Central. En: Seminario taller sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe técnico No. 277. CATIE. Memorias. Turrialba, Costa Rica, pp. 50-61.
- Komar O, Borjas G, Cruz GA, Eisermann K, Herrera N, Linares JL, Escobar CE, Girón LE. 2006. Evaluación Ecológica Rápida en el Área Protegida Trinacional Montecristo en Territorio Guatemalteco y Hondureño. Informe de Consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo. San Salvador: SalvaNATURA Programa de Ciencias para la Conservación.
- Lawton JH, Macgarvin M, Heads PA. 1987. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. Journal of Animal Ecology 56, 147–160.

- Leng CW, Mutchler AJ. 1914. A preliminary list of the Coleoptera of the West Indies as recorded to January 1914. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 33:391-493.
- Lomolino MV. 2001. Elevation Gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology* :11.
- Lookingbill TR, Urban DL. 2003. Spatial estimation of air temperature differences for landscape-scale studies in montane environments. *Agricultural and Forest Meteorology* 114, 141–151.
- Machatschke JW. 1957. *Genera Insectorum de P. Wytsman. Fasc. 199-B. Coleoptera Lamellicornia. Scarabaeidae, Rutelinae, Anomalini.* Ed. Mercurius, Anvers, Belgique. 228 pp.
- Machatschke JW. 1965. Coleoptera Lamellicornia. fam. Scarabaeidae, subfam. Rutelinae, section Rutelinae Orthochilidae. *Genera Insectorum* 199 C :1-145.
- Machatschke JW. 1972. Scarabaeoidea: Melolonthidae, Rutelinae. *Coleopterorum Catalogus Supplementa.* 66(1): 1- 361.
- Magurran AE. 1988. *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University Press, New Jersey.
- Martinez-Hernandez NJ, Garcia Atencia S, Gutierrez Cerpa MJ, Sanjuan Murillo S y Contreras Mejilla C. 2010. Composición Y Estructura De La Fauna De Escarabajos (Insecta: Coleoptera) Atraídos Por Trampas De Luz En La Reserva Ecológica De Luriza, Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.).* 47: 373–381.
- McCain CM. 2006. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography.*
- McCain CM. 2007. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns. A global case study for bats. *Global Ecol. Biogeogr.*, 16:1-13.

- McCain CM. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 18:346–360.
- McCain CM. 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*.
- McCain C, Gritnes JA. 2010. Los gradientes altitudinales en la Riqueza de Especies. :10.
- McCoy ED. 1990. The Distribution of Insects along Elevational Gradients. *Oikos*. 58:313–322.
- McGeogh MA. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*. 73:181–201.
- Mora-Aguilar EF, Delgado L, Vallejo F. 2013. A new species of *Ceraspis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae), with a key to the Colombian species of the Genus. *Annals of the Entomological Society of America*, 106(4): 424-428.
- Moreno CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. 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. 84.
- Morón MA, Deloya C. 2001. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Megasoma elephas* (Fabricius) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). *Folia Entomológica Mexicana* 40: 233–244.
- Morón MA, Ratcliffe B, Deloya C. 1997. Atlas de los Escarabajos de México; Coleoptera: Lamellicornia; Vol. I Familia Melolonthidae. Sociedad Mexicana de Entomología, México. 280 pp.
- Morón MA, Woodruff RE. 2008. Three new species of *Phyllophaga* from Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). *Florida Entomologist* 91(2): 198-204.
- Morón MA. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sisternática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Publ. 20. Instituto de Ecología, México. 342 pp.

- Morón MA. 1990. The Beetle of the World: Rutelini. *Sciences Nat.* 10: 1-206.
- Morón MA. 1994. La diversidad genérica de los Coleopteros Melolonthidae de México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 61: 7-19
- Morón MA. 1997. Inventarios faunísticos de los Coleoptera: Melolonthidae neotropicales con potencial como bioindicadores. *Giornale Italiano de Entomologia*, 8: 265- 274.
- Morón MA. 2006. Revisión de las especies de *Phyllophaga (Phytalus)* grupos obsoleta y pallida. *Folia Entomológica Mexicana*, 45: 1-104.
- Nakamura H. 1974. List of the subfamily Dynastinae (Scarabaeidae s. lat.) from Malaysia, Indonesia and Philippines. *Miscellaneous Publication of the Entomological Research Institute Yamanashi No. 2*: 1-6.
- Navarro AG, Sánchez-González LA. 2002. La diversidad de las aves. En H. Gómez de Silva, y A. Oliveras de Ita (Eds.), *Conservación de aves: experiencias en México*. México, D. F: Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México AC. 24-85 pp.
- Neita JC, Morón MÁ. 2009. Descripciones de las larvas de cuatro especies de la tribu Macroductylini (Melolonthidae: Melolonthinae). En: Hernández-Ortiz V, Deloya C, Reyes-Castillo P. (eds.) *VIII Reunión Latinoamericana de Escarabaeidología. Memorias*. Xalapa, Veracruz, México, p. 45.
- Nogués-Bravo D, Araújo MB, Romdal T, Rahbek C. 2008. Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. *Nature*, 453, 216-219.
- Nowinszky L, Szabó S, Tóth G, Ekk I, Kiss M. 1979. The effect of the moon phases and of the intensity of polarized moonlight on the light-trap catches. *Zeitschrift für Angewandte Entomologi*, 88: 337-353.
- F. 2006. Host specificity, alpha and beta diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodivers Conserv.*, 15:83-105.
- Ødegaard F. 2006. Host specificity, alpha- and beta-diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodivers. Conserv.* 15: 83–105.

- Ohaus F. 1918. Coleopterorum Catalogue, vol. XX, pars 66, Scarabaeidae: Euchirinae, Phaenomerinae, Rutelinae. 241 pp.
- Pardo-Locarno LC, Morón MÁ, Montoya-Lerna J. 2007. Descripción de los estados inmaduros de *Astaena valida* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae: Sericini). Acta Zoológica Mexicana, 23(2): 129-141.
- Pardo-Locarno LC, Rubiano M. 1994. Registros y observaciones preliminares de los escarabajos (Coleoptera-Scarabaeoidea) del páramo Las Hermosas, Valle-Tolima (Colombia). Cespedesia, 20(64–65): 87–114.
- Pardo-Locarno LC, Stechauner R. 2010. Redescrición de inmaduros, ciclo de vida, distribución e importancia agrícola de *Cyclocephala lunulata* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) en Colombia. Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural.:19.
- Pardo-Locarno LC. 2013. Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) del plan aluvial de Río Cauca, Colombia I. Ensamblaje, fichas bioecológicas, extinciones locales y clave para adultos. Dugesiana, 20, 1–15.
- Peña D. 2002. Análisis de datos multivariantes. España, Madrid: McGraw-Hill.515p.
- Pickett STA.1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In Long-term studies in Ecology (ed. G. Likens). Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 110–135.
- Pye JD. 2010. The distribution of circularly polarized light reflection in the Scarabaeoidea (Coleoptera). Biological Journal of the Linnean Society 100 (3): 585–596.
- Quinn GP y Keough MJ. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Estados Unidos (NY): Cambridge University Press. 537 p.
- Rahbek C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? Ecography. 18:200–205.
- Rahbek C. 1997. The Relationship Among Area, Elevation, And Regional Species Richness In Neotropical Birds. The American Naturalist. 149:875–902.

- Rahbek C. 2004. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns: Scale and species-richness patterns. *Ecology Letters*. 8:224–239.
- Ramírez SC, Castro AE. 2006. Ciclo de vida de dos especies rizófagas de "gallina ciega" (Coleoptera Melolonthidae) en los Altos de Chiapas, pp. 37–48. *In*: A. E.
- Randall MGM. 1982. The Dynamics of an Insect Population Throughout its Altitudinal Distribution: *Coleophora alticolella* (Lepidoptera) in Northern England. *The Journal of Animal Ecology*. 51:993.
- Ratcliffe B, Cave R. 2014. Los escarabajos rinocerontes gigantes de El Salvador (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *BIOMA*. 2 (16):7–27.
- Ratcliffe B, Cave R, Cano E. 2013. The Dynastinae Scarab beetles of Mexico, Guatemala and Belize (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). University of Nebraska State Museum. 666.
- Ratcliffe B, Cave RD. 2006. The dynastine scarab beetles of Honduras, Nicaragua, and El Salvador. *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*. 21:1–424.
- Ratcliffe B. y Cave R. 2015. The Dynastinae Scarab Beetles of the West Indies Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae).
- Ratcliffe BC. 2003. The dynastine scarab beetles of Costa Rica and Panama (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum* 16: 1 – 506.
- Restrepo H, Moron MÁ, Vallejo F, Pardo-Locarno LC, Lopez-Avila A. 2003. Catálogo de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(2): 239-263.
- Reyna M. 1979. Vegetación arbórea del bosque nebuloso de Montecristo. Tesis de licenciatura. San Salvador. Universidad de El Salvador.
- Ritcher PO. 1966. White grubs and their allies. A study of North American Scarabaeoidea larvae. *Studies in Entomology* No. 4. Oregon State University Press, Corvallis. 219 pp.

- Rodríguez del Bosque LA. 1996. Seasonal feeding by *Phyllophagacrinita* and *Anomala* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae in Northeastern Mexico. *J. Entomol. Sci.* 31(3): 301-305.
- Rolland C. 2003. Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in Alpine regions. *Journal of Climate* 16, 1032–1046.
- Sanabria-García R, Gasca-Álvarez HJ, Amat-García G. 2012. Sinopsis de la Tribu Oryctini (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) de Colombia. *Insecta Mundi*:66.
- Sanders NJ, Moss J, Wagner D. 2003. Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global Ecology and Biogeography*, 12, 93–102.
- MANI, M. S. (1968). *Ecology and Biogeography of High Altitude Insects*. Junk, The Hague.
- Sandoval-Mojica A, Fagua G. 2006. Estructura de las comunidades de Orthoptera (Insecta) en un gradiente altitudinal de un bosque andino. *Revista Colombiana de Entomología*. 32 (2):200–213.
- Saylor LW. 1942. Ten new *Phyllophaga* beetles from Panama and South America. *Revista de Entomología*, 13: 154-166.
- Saylor LW. 1945. Studies in the Melolonthinae Scarab beetle genera of the American continents. A new Colombian genus and species. *The Wasmann Collector*, 6(3-4):79-81.
- Shapiro SS, Wilk MB. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). 22.
- Sharma V, Crne M, Park JO, Srinivasarao M. 2009. Structural origin of circularly polarized iridescence in jeweled beetles. *Science* 325: 449–451.
- Smith ABT, Evans AV. 2005. A supplement to the checklist of the New World chafers. (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) with notes on their tribal classification. *Zootaxa*, 1032, 29-60.

- Smith ABT. 2001. Checklist of the Scarabaeoidea of the Nearctic realm (includes Canada, the continental United States, and the following states of northern Mexico: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo Leon, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, and Zacatecas).
- Smith ABT. 2003. A monographic revision of the genus *Platycoelia* Dejean Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Anoplognathini). Bulletin of the University of Nebraska State Museum 15: 1-202.
- Stockwell P, O'Brien W, Wolda H. 1998. Weevil Diversity and Seasonality in Tropical Panama as Deduced from Light-Trap Catches (Coleoptera: Curculionoidea). Smithsonian Contributions to Zoology.
- Triplehorn CA, Johnson NF. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the study of insects. 7th edition. Thomson Brooks/Cole; Belmont, CA, USA. 864 pp.
- Vallejo LF, Wolffe M. 2013. The genus *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) in the Colombian Andean Mountains. Zootaxa, 3722(2): 101- 14
- Villalobos-Moreno A, Pardo-Locarno LC y Cabrero-Sanudo, FJ. 2018. Estacionalidad De Escarabajos Fitófagos (Coleoptera: Melolonthidae) En Un Robledal Del Nororiente De Los Andes Colombianos. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas., vol.22, n.1, pp.163-178.
- Werenkraut V. 2010. Patrones altitudinales en la diversidad de coleópteros y hormigas epígeos del noroeste de la Patagonia Argentina. :248.
- White JD. 1999. Brown, J. H., and M. V. Lomolino. 1998. Biogeography. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. 691 pp.
- Whittaker RH. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250–260.
- Wilson RJD, Gutiérrez-Illán J, Martínez D, Agudo R, Monserrat VJ. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. Ecology Letters, 8(11), 1138-1146.

Yoccoz NG, Nichols JD, Boulinier T. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*. 16:446–453.

Zaruma VRE. 2006. Distribución y estructura de las comunidades de escarabeidos coprófagos (Coleoptera, Scarabaeoidea) a lo largo de gradientes de altitud. Facultad De Ciencias Biológicas. Departamento de Zoología y Antropología Física.