

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

ESCUELA DE BIOLOGÍA



COMPARACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS NECRO-COPRÓFAGOS
(Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) EN CUATRO SITIOS CON DIFERENTE
GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL EL IMPOSIBLE,
AHUACHAPÁN, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

JOSÉ DAVID PABLO CEA.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA.

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL 2014.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

COMPARACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS NECRO-COPRÓFAGOS
(Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) EN CUATRO SITIOS CON DIFERENTE
GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL EL IMPOSIBLE,
AHUACHAPÁN, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

JOSÉ DAVID PABLO CEA.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA.

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL 2014.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

COMPARACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS NECRO-COPRÓFAGOS

(Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) EN CUATRO SITIOS CON DIFERENTE

GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL EL IMPOSIBLE,

AHUACHAPÁN, EL SALVADOR.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA.

ASESOR:

MSc. RENÉ FUENTES MORÁN.

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL 2014.

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

JOSÉ DAVID PABLO CEA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA.

JURADO EVALUADOR:

MsD. MARTHA NOEMY MARTÍNEZ.

MSc. JUAN EDGARDO ORTÍZ LEÓN.

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2014.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FISCAL GENERAL

LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

MSc. MARTÍN ENRIQUE GUERRA CÁCERES

DIRECTOR ESCUELA DE BIOLOGÍA

LIC. RODOLFO FERNANDO MENJÍVAR

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso.

A mi familia, en especial a mi mamá y papá.

A Maryory Velado.

Al parque nacional El Imposible, y su vasta biodiversidad.

Y a todas las personas e instituciones que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios Todopoderoso y su hijo Nuestro Señor Jesucristo por todas las bendiciones brindadas en este trabajo y en el desarrollo de toda mi carrera universitaria.

A mi familia en especial a mi mamá que me apoyo desde el inicio en esta carrera, por su constante apoyo a lo largo de mi desarrollo universitario, a mi papá por todo el apoyo y la ayuda brindada en el diseño de las trampas utilizadas en este proyecto, a mi hermana y hermano por todo su apoyo brindado.

A Maryory Velado por todo su apoyo y cariño durante toda la carrera, por la infinidad de trabajos que presentamos juntos, todos los obstáculos que logramos sobrellevar y por todo lo que aprendí de tí. A quien considero la coautora de este trabajo por su fundamental apoyo en todo el desarrollo de esta investigación, sin el cual este trabajo hubiese sido simplemente Imposible.... ¡Gracias por siempre estar ahí!

A mi asesor el MSc. René Fuentes, por haber aceptado ser el docente director del presente trabajo, por haberme inculcado el interés en los insectos desde que fue mi docente de zoología I, y toda su ayuda, invaluable apoyo y guía brindada en mi carrera como biólogo y en el desarrollo de cada una de las fases de este trabajo. Además de todo su apoyo, asesoría y motivación para solicitar el financiamiento para viajar a Costa Rica con propósitos de identificar los escarabajos colectados.

A los jurados, la MsD. Noemí Martínez y el MSc. Edgardo Ortiz por todas sus valiosas observaciones, tanto al perfil de investigación como al documento final, las cuales representaron valiosas ayudas en el desarrollo del trabajo de campo y en el análisis de los resultados posteriores.

A la Universidad de El Salvador, con énfasis en el cuerpo docente de la Escuela de Biología, quienes me forjaron académicamente, en especial a los que tuve el agrado de tener como docentes, en especial a las MSc. Olga Tejada, Yanira Ventura, Virginia Guerrero, Martha Zetino, a los Lic. Carlos Salazar, Rodolfo Menjívar, a los MSc. René Fuentes, Francisco Chicas, al Doctor Rigoberto Ayala y al Lic. Paz Sánchez por su forma amena de brindar clases.

A la Junta Directiva que decidió confiar en mí y concederme fondos para la identificación de los escarabajos en el InBio de Costa Rica. En especial a la MSc. Olga Tejada y a Gabriel Vides.

A SalvaNATURA por todo el apoyo logístico brindado, con énfasis en dos personas especiales que fueron un apoyo enorme en el desarrollo de esta investigación. Lic. Martita Quezada y Don Enrique Fuentes, quienes tienen todo mi aprecio y gratitud por los consejos y ayuda brindada.

A los guarda recursos del parque, a quienes considero mis amigos, por toda la ayuda física y valiosa educación brindada a lo largo de un poco más de un año que tuve el honor de conocerlos. A Don Armando Quiñones, Don Mac Sandoval, Don Pablito Medina, Don Bayron Chinchilla, Don Martín González, y en especial a mi asesor de campo Don Beto Rivera. A los guías naturalistas Don Miguel López y Don Eliberto Sandoval, por todo su conocimiento, en especial por el cuatro de copas y el siete de oros. A Don Carlos Gómez por la ayuda y motivación brindada en mi primera visita al sitio.

Al parque nacional El Imposible por estar ahí a pesar de los embates de la presión antropogénica y haberme dejado conocer un poco de sus secretos.

Al PhD. Víctor Carmona por su amistad y valiosa ayuda en el principio, intermedio y fase final de este proceso, especialmente en el diseño de esta investigación y en el análisis estadístico posterior de los resultados obtenidos. Además de la donación del equipo utilizado en campo y laboratorio. ¡Gracias por mostrarme como verle el lado positivo a las situaciones adversas y todas sus enseñanzas!

Al PhD. Jorge A. Noriega por la invaluable ayuda brindada, solidaridad y paciencia en el diseño de esta investigación y su posterior análisis, especialmente cuando este proyecto era una idea sin forma en la cabeza del autor. ¡Gracias por su enorme guía!

Al PhD. Ángel Solís del INBio de Costa Rica, por haberme invitado y haberme dado una invaluable ayuda en la identificación de una muestra de los escarabajos colectados. Y haberla dado peso a esta investigación.

Al MARN por la confianza depositada en mi persona al brindarme el permiso de colecta científica. ¡Muchas gracias!

A mis amig@s y compañer@s que tuve al agrado de conocer en toda la carrera y con quienes compartí más de un trabajo o reporte juntos, ¡gracias por todo lo que aprendí de ustedes! Rebeca Quintanilla, Ernesto Mendoza, Yoly Martínez, Karen Galdámez, Rocío Guerra, Leonel Guido, Fernando Martínez (por el súper bolsón).

A Don Oscar Alemán (Q. D. E. P.), Rocío Guerra, Maryory Velado y Paty Vásquez por la colaboración brindada en conseguir todas las botellas plásticas necesarias para este trabajo.

Al metal por estar ahí cada vez que me desvelaba o necesitaba motivación extra para continuar en campo, especialmente cuando las piernas no daban más...

ÍNDICE.

1. RESUMEN	14
2. INTRODUCCIÓN	15
3. FUNDAMENTO TEORICO	17
ORDEN COLEOPTERA.....	17
SUB FAMILIA SCARABAEINAE.....	18
DEFINICIÓN DE ENSAMBLAJE.....	20
DEFINICIÓN DE INDICADOR.....	20
ECOTURISMO.....	23
DEFINICIÓN DE DISTURBIO.....	26
TEORÍA DE DISTURBIO INTERMEDIO.....	26
4. METODOLOGÍA.....	28
DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	28
ZONACIÓN INTERNA DEL PARQUE.....	31
SITIOS DE MUESTREO.....	34
DISEÑO DE MUESTREO.....	36
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
5. RESULTADOS	46
RIQUEZA.....	46
PREFERENCIA ALIMENTICIA.....	47
GREMIOS.....	47
ABUNDANCIA.....	47
DOMINANCIA.....	48
BIOMASA.....	52
CEBOS: EXCREMENTO.....	53
CEBOS: CARROÑA.....	55
SITIOS.....	58
6. DISCUSIÓN	79
7. CONCLUSIONES	90
8. RECOMENDACIONES	92
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados en los cuatro sitios muestreados.	46
Tabla 2. Preferencias alimenticias de 14 especies colectadas en el PNEI.....	48
Tabla 3. Especies de escarabajos coprófagos del PNEI.	49
Tabla 4. Post-hoc (Fisher LSD).....	52
Tabla 5. Número de individuos necesarios para alcanzar la biomasa de un individuo de <i>C. corythus</i>	53
Tabla 6. Post-hoc (Fisher LSD).....	55
Tabla 7. Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas en el sitio 1	61
Tabla 8. Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas en el sitio 2.....	63
Tabla 9. Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas en el sitio 3	66
Tabla 10. Especies estimadas y porcentaje de especies capturadas en el sitio 4.....	68
Tabla 11. Índice de similitud de Jaccard	69
Tabla 12. Índice de similitud de Simpson.	69
Tabla 13. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.	72
Tabla 14. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.	73
Tabla 15. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.	76
Tabla 16. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.	77
Tabla 17. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.	78

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Características morfológicas de scarabaeinae.....	19
Fig. 2. Representación del ciclo de vida de <i>Scarabaeus sacer</i>	19
Fig. 3. Diagrama que representa la definición de distintos términos ecológicos, entre estos: ensamblaje	21
Fig. 4. Diagrama que muestra los diferentes efectos de las actividades recreacionales en la vida silvestre	25
Fig. 5. Curva propuesta por la teoría del disturbio intermedio.....	27
Fig. 6. Mapa de El Salvador, donde se ubica el PN El Imposible, Dpto. de Ahuachapán... 28	
Fig. 7. Cantidad de precipitaciones registradas para siete estaciones meteorológicas, dentro del área de influencia del PN El Imposible	30
Fig. 8. Temperatura promedio a partir de estaciones meteorológicas dentro del área de influencia del PN El Imposible.....	30
Fig. 9. Zonación Interna del PN El Imposible.....	32
Fig. 10. Número de turistas que visitaron el PNEI (2002-2013).....	33
Fig. 11. Trampas tipo pitfall colocadas.	38
Fig. 12. Parte de la metodología de campo.	39
Fig. 13. Fórmula del Estimador Chao 1.	40
Fig. 14. Fórmula de ACE.	40
Fig. 15. Fórmula del Estimador Jackknife 2.	41
Fig. 16. Fórmula del índice Shanon-Wiener.	41
Fig. 17. Fórmula de equitatividad.	42

Fig. 18. Fórmula para estimar la biomasa de scarabaeiane.	42
Fig. 19. Fórmula del Índice de similitud de Jaccard.	43
Fig. 20. Fórmula del coeficiente de similitud de Simpson.	43
Fig. 21. Fórmula de Shapiro-Wilk.....	44
Fig. 22. Fórmula de ANOVA.....	45
Fig. 23. Fórmula de la prueba de Fisher LSD.	45
Fig. 24. Abundancia de los escarabajos colectadas con excremento y carroña.	50
Fig. 25. Relación entre la abundancia capturada en excremento y las precipitaciones.....	50
Fig. 26. Abundancia capturada en carroña de pollo y las precipitaciones.	51
Fig. 27 Relación entre la abundancias relativas de los escarabajos colectados en el PNEI.	51
Fig. 28. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a las abundancias relativas de <i>O. landolti</i>	52
Fig. 29. Biomasa total colectada en el PNEI.....	53
Fig. 30. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en excremento en el PNEI. .	54
Fig. 31. Biomasa colectada en excremento en el PNEI.....	55
Fig. 32. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a la biomasa de <i>O. landolti</i>	56
Fig. 33. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en carroña, en el PNEI.	56
Fig. 34. Biomasa colectada en carroña, en el PNEI.	57
Fig. 35. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a la biomasa de <i>C. corythus</i>	58
Fig. 36. Abundancia relativa de las especies colectadas en el sitio 1.....	59
Fig. 37. Biomasa colectada en el sitio 1.....	60
Fig. 38. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en el sitio 2.....	62

Fig. 39. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en el sitio 2.	63
Fig. 40. Abundancia relativa de los escarabajos colectados en el sitio 3.	65
Fig. 41. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en el sitio 3.	66
Fig. 42. Abundancia relativa de los escarabajos colectados en el sitio 4.	67
Fig. 43. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en el sitio 4.	68
Fig. 44. Dendograma de los valores del índice de similitud de Jaccard.	70
Fig. 45. Dendograma de los valores del índice de similitud de Jaccard.	71
Fig. 46. Análisis de varianza de la riqueza de scarabaeinae obtenida en los cuatro sitios de muestreo.	732
Fig. 47. Análisis de varianza de la abundancia scarabaeinae obtenida en los cuatro sitios de muestreo.	73
Fig. 48. Curva de rarefacción obtenida a partir de la diversidad registrada en cada uno de los sitios.	74
Fig. 49. Biomasa registrada en excremento en cada uno de los sitios muestreados.	75
Fig. 50. Biomasa registrada en carroña de pollo en cada uno de los sitios muestreados.	75
Fig. 51. Análisis de varianza de la biomasa de <i>O. landolti</i> obtenida en los cuatro sitios de muestreo.	76
Fig. 52. Análisis de varianza de la biomasa de la diversidad de tuneleros obtenida en los cuatro sitios de muestreo.	77
Fig. 53. Análisis de varianza de la biomasa de la equitatividad de tuneleros obtenida en los cuatro sitios de muestreo.	78

1. RESUMEN

El ecoturismo en esencia es una actividad responsable dentro de áreas protegidas o parques nacionales, es razonable suponer que el impacto generado en la vida silvestre sería el mínimo posible. Sin embargo es muy poca la información existente relacionada con la cuantificación del impacto generado por este en ecosistemas protegidos. En esta investigación, se analizó la variación en la composición del ensamblaje de escarabajos necro-coprófagos en cuatro sitios con diferente grado de perturbación (de menor a mayor paso de personas) producto del ecoturismo en el parque nacional El Imposible. Se realizaron seis muestreos entre los meses de junio a noviembre del 2013, utilizando 20 trampas de caída en cada sitio, 10 cebadas con excremento humano y 10 con carroña de pollo. Se capturaron 10, 500 individuos pertenecientes a 22 especies. El índice de similaridad fue alto (0.90), demostrando iguales niveles de dominancia, mientras que el índice de Jaccard fue capaz de separar los sitios con acceso turístico de los sitios sin acceso. Dos especies dominaron el ensamblaje: *Onthophagus landolti* (excremento) y *Coprophanæus corythus* (carroña). A medida que aumentó el paso de personas la riqueza ($F=4.376$, $p=0.0048$) y la abundancia ($F=6.4330$, $p=0.0032$) tendieron a descender, mientras que la diversidad ($F=3.3117$, $p=0.0230$), equitatividad ($F=3.5892$, $p=0.0220$) y biomasa ($F=1.9003$, $p=0.1435$) tendieron a aumentar a medida que el disturbio lo hacía, aunque las diferencias en biomasa no fueron estadísticamente significativas. Diferentes estudios han propuesto que el número de personas que transitan por un lugar juega un papel muy leve al afectar la vida silvestre, por lo que esta investigación podría significar un aporte al conocimiento del impacto que puede generar esta variable, ya que se observaron variaciones significativas en la composición del ensamblaje de escarabajos.

2. INTRODUCCIÓN

El uso de escarabajos como indicadores ecológicos ha sido ampliamente aplicado en todo el mundo; diferentes estudios han usado a este grupo de insectos para evaluar el impacto o efecto de una determinada perturbación en el ambiente, tales como la fragmentación del paisaje (Chapman *et al.* 2003, Estrada y Coates-Estrada 2002, Filgueiras *et al.* 2011) o la tala de árboles dentro de un ecosistema boscoso (Horgan 2005, Davis *et al.* 2001). La actividad turística dentro de un área forestal determinada, a simple vista no parecería tan grave; ya que el ecoturismo en esencia es un viaje responsable dentro de áreas protegidas o parques nacionales, es razonable pensar que el impacto dentro de estos lugares sería el mínimo posible (Ceballos-Lascuráin 1996). Sin embargo, el paso de personas en un sitio conlleva efectos negativos tales como: el pisoteo, la perturbación de la fauna, contaminación, modificaciones en el hábitat, etc. (Knight y Cole 1995a).

En El Salvador, el parque nacional El Imposible es el de mayor extensión y diversidad (Álvarez y Komar 2003), presenta un área usada para la reproducción de especies (Álvarez y Komar 2003) y brinda gran cantidad de bienes y servicios ecológicos, además cuenta con un área considerable (33 %) de su extensión geográfica, destinada al turismo recreacional, educación ambiental y paseos guiados o auto guiados dentro del bosque (SalvaNatura 2011a), que cuenta con un promedio anual de visitantes de 8,000 personas (SalvaNatura 2011a), por lo cual se estimó importante el realizar la presente investigación.

Se analizó la variación en la composición del ensamblaje de escarabajos necrófagos y coprófagos entre cuatro sitios con diferente grado de perturbación (de menor a mayor paso de personas) en el Sector San Benito en el parque nacional El Imposible, donde se comparó la riqueza, abundancia, diversidad, equitatividad, biomasa y composición de los gremios pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae.

Se colectó un total de 22 especies pertenecientes a 11 géneros de Scarabaeiane, de las cuales seis representan nuevos reportes para la entomofauna salvadoreña, y se observó variación en la riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad del ensamblaje presente en los distintos sitios según el grado de perturbación.

3. FUNDAMENTO TEORICO.

Orden Coleoptera.

Es el grupo de insectos más diverso de insectos, con más de 300, 000 especies descritas (Gillot 2005) constituyendo una quinta parte de todos los seres vivos y una cuarta parte de todos los animales. Si se tomara lo anterior, como un criterio para medir el éxito, posicionaría al Orden Coleoptera como el grupo con más éxito adaptativo sobre la tierra (Evans y Bellamy 1996).

Se alimentan de una gran variedad de recursos, y en su mayoría (cerca de un 75%) son fitófagos en estado larval y adulto, y pueden vivir sobre o dentro de las plantas, alimentarse de las raíces, tallos u hojas de estas, además pueden vivir en la madera y ser plagas de granos almacenados, o alimentarse de hongos o materia orgánica en descomposición, los hay también, cazadores, que se alimentan de los animales que atrapan, otros consumen animales muertos en descomposición o se alimentan de material de animales muertos, como la lana o el cuero, y existen aquellos que se alimentan del excremento, especialmente de vertebrados superiores (Gillot 2005).

Entre las características que los identifican, están: la presencia de un par de alas endurecidas (élitros) que usualmente cubren todo el abdomen; un segundo par de alas membranosas, protegidas por los élitros; unas mandíbulas masticadoras; antenas de diversos tipos, con 11 segmentos usualmente y un par de ojos compuestos (White 1983, Gillot 2005).

Super Familia Scarabaeoidea

Es un grupo extenso y diverso de escarabajos, con una distribución cosmopolita, los cuales están adaptados a la mayoría de hábitats, con una diversidad de fuentes alimenticias, como frutas, tejido vegetal, carroña, excremento, materia en descomposición e incluso hay algunas especies carnívoras (Arnett *et al.* 2002).

Familia Scarabaeidae.

Los escarabajos de esta familia, comprenden un grupo grande y sobresaliente dentro del Orden Coleoptera, debido a su relativo gran tamaño, colores brillantes y usualmente por presentar grandes ornamentaciones, como cuernos largos (machos) o modificaciones sobresalientes del pronoto (Arnett *et al.* 2002).

Sub Familia Scarabaeinae.

Los miembros de esta sub familia son comúnmente conocidos como escarabajos coprófagos, escarabajos del excremento, escarabajos peloteros, rueda caca, etc. Aunque la mayoría de especies pertenecientes a esta sub familia, se alimentan de excrementos de mamíferos, existen aquellas, que se alimentan de carroña, hongos, fruta en descomposición y otro tipo de material vegetal en descomposición (Arnett *et al.* 2002).

Entre las características morfológicas más importantes para reconocer la sub familia, se tienen: forma del cuerpo convexa; los ojos están protegidos por un alargamiento de la gena, que forma un estructura de protección, conocida como canthus, el cual disminuye la fricción del suelo, durante la excavación; poseen una antena lamelada de 8 a 9 artejos; tibias anteriores ensanchadas y un solo espolón tibial en las patas posteriores (Cambefort y Hanski 1991; Sholtz *et al.* 2009; Arias-Buriticá 2011) (Fig. 1).

El desarrollo de la larva se da dentro de las bolas de excremento (Fig. 2), preparada por la hembra o por ambos padres. En algunos casos se ha observado que la hembra o la pareja de padres permanecen con la cría, para cuidarla (Cambefort y Hanski 1991, Halffter *et al.* 1996).

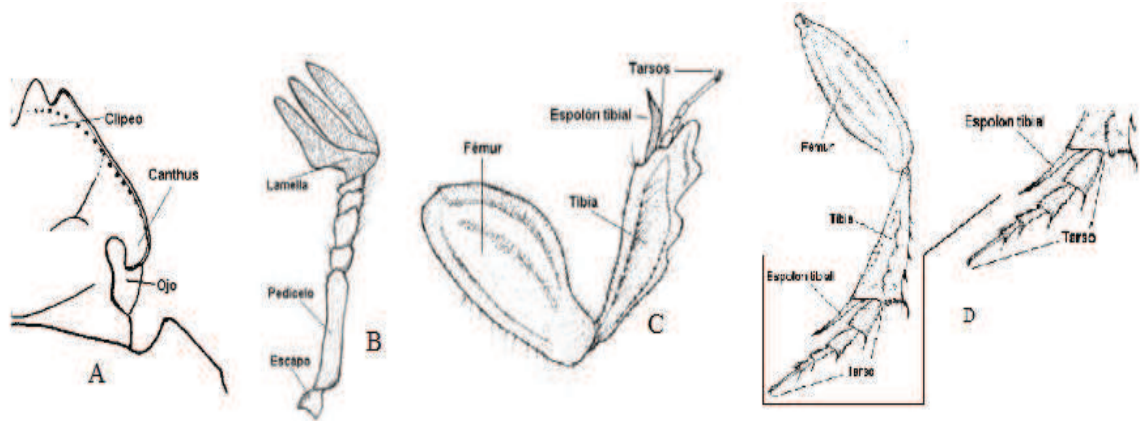


Fig. 1. Características morfológicas de Scarabaeinae. A: presencia de un canthus; B: antena lamelada; C: tibias anteriores ensanchadas; D: un solo espolón en la tibia de las patas (Tomado y modificado de: Camberfort y Hanski 1991).

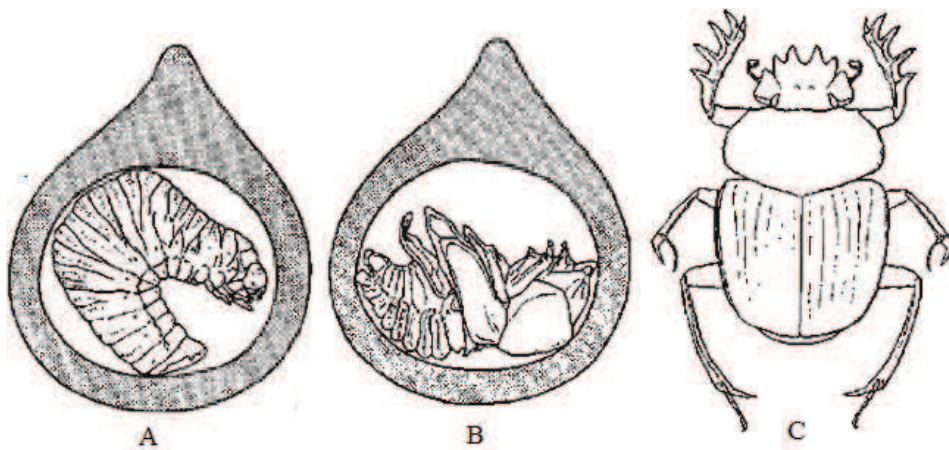


Fig. 2. Representación del ciclo de vida de *Scarabaeus sacer*. A: larva, alimentándose dentro de la bola de excremento; B: pupa, experimentando el proceso de metamorfosis, para pasar al estado adulto; C: imago o adulto. (Tomado y modificado de: Camberfort y Hanski 1991).

Gremios de Scarabaeinae.

Los Scarabaeinae han sido usualmente separados en cuatro grupos principales basados en su comportamiento reproductivo y en la forma en que construyen sus nidos (Doube 1990). Sholtz *et al.* (2009) mencionan solo dos grupos principales: los rodadores o telecópridos, los cuales forman una bola de excremento o carroña, que transportan a cierta distancia de la fuente de alimento y donde los huevos son colados y puede incluso haber cuidado parental por parte

de uno o ambos sexos (Sholtz *et al.* 2009); y los túneleros o paracópridos, que forman túneles directamente debajo de la fuente de alimento, los cuales son llenados posteriormente de excremento donde los huevos son puestos por la hembra. Para Sholtz *et al.* (2009) a partir de este último gremio se dividen dos más: los endocópridos, quienes construyen sus nidos dentro o debajo del excremento para alimentarse y los kleptoparásitos, quienes utilizan o “roban” el material que ha sido enterrado por otros escarabajos (Doube 1990, Sholtz *et al.* 2009). Sholtz *et al.* (2009) enumeran las tribus que en la actualidad son reconocidas como tales, dividiéndolas según sus hábitos, en: tuneleras (tribus: Ateuchini, Phanaeini, Coprini y Onthophagini), endocopridas (tribu Oniticellini) y rodadoras (Deltochilini y Sisyphini).

Definición de Ensamblaje.

Partiendo del hecho que las poblaciones pueden ser estudiadas a partir de tres diferentes aspectos: las relaciones filogenéticas (A), el área geográfica que ocupan (B) y los recursos que aprovechan (C), un ensamblaje estaría definido por la unión de los aspectos A y B (Fig. 3), como un grupo de animales que está filogenéticamente relacionado dentro de un área geográfica determinada (Fauth *et al.* 1996).

Definición de Indicador.

Landres *et al.* (1988) define como especies indicadoras, a los organismos cuyas características, son usadas como un indicador de atributos muy difíciles, complicados o caros de medir de otras especies o atributos ambiental de interés. Para Ribera y Foster (1997), el término indicador se define como una medida indirecta de algo, es decir, una variable asociada a lo que realmente se quiere medir, que por diferentes razones se dificulta o imposibilita su medición directa.

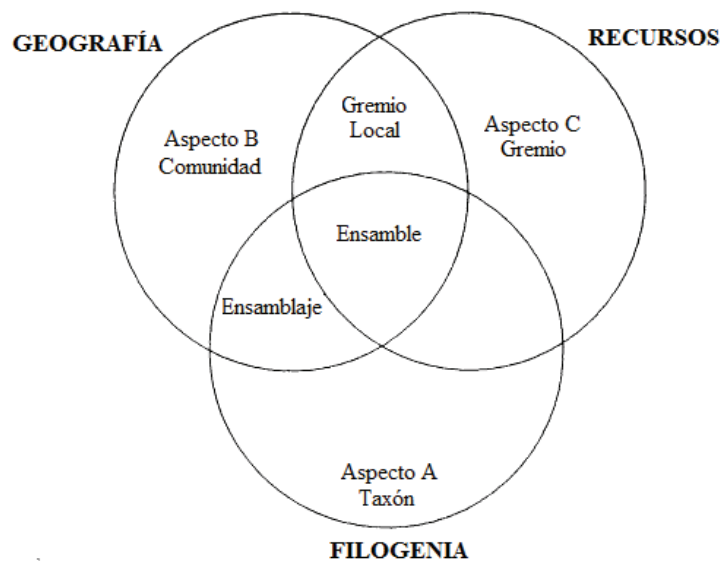


Fig. 3. Diagrama que representa la definición de distintos términos ecológicos, entre estos: ensamblaje (Tomado y traducido de: Fauth *et al.* 1996).

Los indicadores ecológicos, son ampliamente utilizados para medir la naturaleza, severidad y ámbito espacial de los impactos humanos, y para la medición de la eficacia del manejo del área (Lucrezi *et al.* 2009). El uso de estos, solo está justificado si es imposible acceder a la información original o si resulta más fácil acceder a esta indirectamente utilizando un indicador, por diversos motivos, como mayor facilidad, menor tiempo necesario y mayor ahorro económico en el muestreo de los organismos indicadores (Ribera y Foster 1997).

Escarabajos coprófagos como indicadores.

Spector (2006), enumera los diversos criterios del por qué la sub familia Scarabaeinae es identificada, como ideal para ser utilizada como grupo focal para el monitoreo de biodiversidad y para la utilización como indicadores:

1. Las técnicas de muestreo para este grupo pueden ser fácilmente estandarizadas. Existen protocolos, que significan un paso importante en este proceso de estandarización en el muestreo de Scarabaeinae (Noriega y Fagua 2009). En comparación con otros invertebrados, los coprófagos pueden ser rápidamente muestreados mediante el uso de trampas poco complicadas y económicas de tipo Pitfall (Sholtz *et al.* 2009). El mismo método puede ser utilizado en diferentes lugares, de tal manera que los resultados sean comparables (Halffter y Favila 1993).
2. La taxonomía del grupo es estable y está sujeta a cambios drásticos. La taxonomía del grupo debe estar bien establecida, hasta el punto de no tener ninguna confusión, separando una especie de otra, ya que errores en la identificación, tendrían una gran repercusión en los resultados, en un estudio utilizando indicadores (Halffter y Favila 1993) La identificación taxonómica del grupo puede ser llevada a cabo por especialistas y no especialistas de una forma adecuada y precisa (Spector 2006).
3. Están ampliamente distribuidos: Los coprófagos tienen una distribución cosmopolita; están ampliamente diseminados en todos los continentes, a excepción de la Antártica (Spector 2006).
4. Muestran un rango de respuestas a cambios en el ambiente y perturbación. Nichols *et al.* (2007) realizaron una revisión bibliográfica de 33 estudios relacionados al tema, dentro de los cuales pudieron observar que la abundancia generalmente decaía con el aumento de la perturbación, evidenciando la respuesta fuerte y negativa de las comunidades de escarabajos coprófagos de bosques tropicales al incremento de perturbación dentro de los bosques y la fragmentación de los mismos. Halffter y Favila (1993), plantean que dentro de la misma área geográfica, la diversidad de especies del gremio dentro de un

bosque tropical, deben ser completamente diferente de aquellos, donde el bosque ha sido cortado.

5. Poseen una importancia ecológica y económica. Contribuyen al proceso de reciclaje de nutrientes, provenientes de las heces de los vertebrados mayores, contribuyen a la polinización, son controladores biológicos de parásitos y son dispersores secundarios de semillas (Nichols *et al.* 2008).
6. Poseen correlación con otros taxones. Ya que la caída del número de mamíferos medianos o grandes, puede hacer bajar severamente la diversidad y abundancia de comunidades de escarabajos, debido a las alteraciones de la composición y disponibilidad de excrementos en un hábitat (Estrada y Coates-Estrada 2002, Nichols *et al.* 2009), se espera que la biomasa de la comunidad de escarabajos sea un indicativo de las biomasa de mamíferos (Spector 2006).

Ecoturismo.

El ecoturismo busca el aprovechamiento de la vida silvestre y ambientes naturales (Lira y Naranjo 2003), enfocándose principalmente en las áreas protegidas que prometen hábitats relativamente intactos (Müllner y Pfrommer 2001). Una definición amplia de ecoturismo es la que lo define como: “Un viaje ambientalmente responsable, visitando áreas relativamente no perturbadas, con el propósito de disfrutar y apreciar la naturaleza, promoviendo la conservación. Tiene un bajo impacto del visitante, en la naturaleza y genera beneficios socio económico a las poblaciones locales” (Ceballos-Lascuráin 1993, 1996), ya que uno de los objetivos de esta actividad, es beneficiar económicamente a las poblaciones aledañas al área, con la ventaja de no ser una forma de uso consuntivo (Lira y Naranjo 2003). Lo anterior conlleva a que los

manejadores de las diferentes áreas, se enfrenten al desafío de encontrar estrategias, que promuevan la coexistencia entre los humanos y la vida silvestre (Heil *et al.* 2007).

Impacto turístico.

Las actividades recreacionales pueden afectar los animales a través de diferentes rutas, Knight y Cole (1995a) identifican, cuatro fuentes principales:

1. Explotación. Implica muerte inmediata por caza, trampeo y/o colecta de individuos. Esto contempla el turismo de cacería o turismo consuntivo.
2. Perturbación. Esta puede ser no intencional, como es el caso del ecoturismo (fotografiar la vida silvestre, observación de aves, excursionismo dentro del territorio del animal, etc.).
3. Modificación al hábitat. Los turistas pueden modificar la vegetación, suelo, agua e incluso microclimas (Knight y Cole 1995a, Ceballos- Lascuráin 1996). Esto debido al impacto del pisoteo ocasionado por el paso de turistas, proceso que ha sido evaluado en diferentes estudios (Andrés-Abellan *et al.* 2005, Lucrezi *et al.* 2007).
4. Contaminación. Desechos orgánicos o inorgánicos dejados por los turistas.

El siguiente diagrama (Fig., 4), explica las diferentes respuestas de la vida silvestre a las actividades recreacionales:

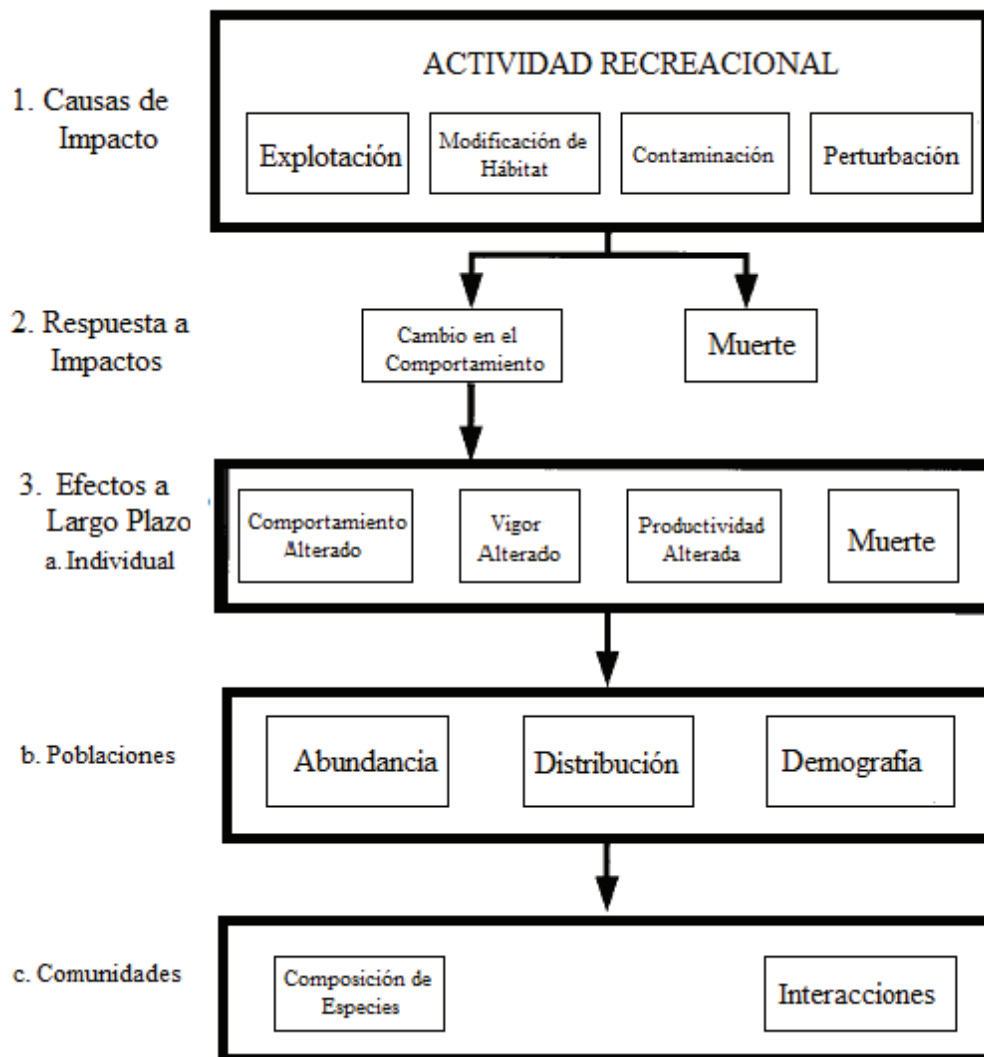


Fig. 4. Diagrama que muestra los diferentes efectos de las actividades recreacionales en la vida silvestre. Tomado y traducido de: Knight y Cole (1995a).

Factores como el tipo de actividad que se realice dentro del área, el comportamiento de los turistas, la temporada, la ubicación del lugar y la frecuencia y magnitud de las visitas, son aspectos determinantes que marcaran la respuesta de la vida silvestre al ecoturismo (Knight y Cole 1995b).

Definición de disturbio.

Un disturbio puede definirse como cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el ambiente físico (Pickett y White 1985), liberando recursos que pueden aprovechar otros organismos (Vega y Peters 2007). Un disturbio puede influir en el sistema actuando como una fuente de heterogeneidad espacio-temporal de la disponibilidad de recursos, influyendo en la permanencia de algunas especies (Connell 1978) fungiendo como un seleccionador natural (Sousa 1984).

Teoría de disturbio intermedio

Esta teoría propone que la máxima diversidad de una comunidad es alcanzada con intensidades medias de disturbio. Esto se explica partiendo del punto que este disturbio es un agente causante de mortalidad y cuando este actúa en niveles intermedios, evita que las especies más competitivas excluyan a las demás, permitiéndoles que también sean abundantes. Si la intensidad del disturbio fuera baja las especies más competitivas no serían inhibidas y el ecosistema se encontraría en un estado de equilibrio, en cambio si fuera alta ninguna de las especies podría compensar la gran mortalidad causada por el disturbio, con un consecuente descenso en la riqueza y diversidad (Connell 1978, Vega y Peters 2007) (Fig. 5).

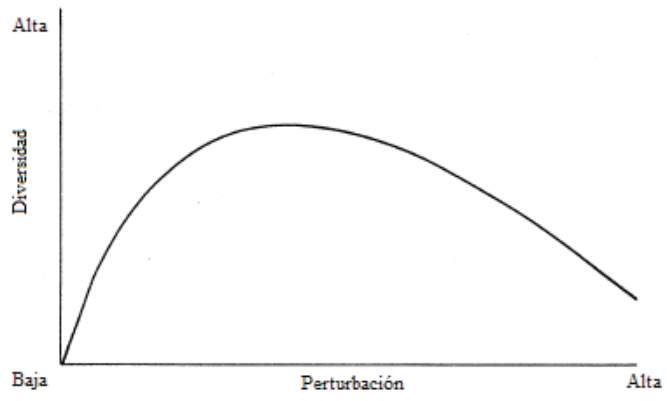


Fig. 5. Curva propuesta por la teoría del disturbio intermedio (Tomada y modificada de: Connell 1978).

4. METODOLOGÍA

Descripción del sitio.

El parque nacional El Imposible está ubicado en el departamento de Ahuachapán, en el suroeste de El Salvador, entre los municipios de San Francisco Menéndez, Concepción de Ataco y Tacuba, en el extremo occidental de la Sierra de Apaneca-Ilamatepec (Álvarez y Komar, 2003) (Fig. 6). Actualmente incluye las propiedades de San Benito I (1,142 ha) y II (1,142 ha), Hacienda El Imposible (847 ha), El Balsamero (400 ha), propiedades del estado (191 ha) y propiedades de SalvaNatura (226 ha) con una extensión total de 3,947.68 ha (5,526.75 Manzanas), más una porción aledaña al nor-este (35 ha) conocida como Las Colinas (SalvaNatura 2008) constituyendo el parque nacional más grande de El Salvador (USAID 2010).



Fig. 6. Mapa de El Salvador, donde se ubica el PN El Imposible, Dpto. de Ahuachapán (Tomado de: SalvaNatura 2011b).

Vegetación.

La vegetación característica del parque es de tipo caducifolio semi húmedo y bosque de galería (USAID 2010) y es de interés especial ya que alberga la diversidad florística más alta de El Salvador (Álvarez y Komar, 2003). En las zonas bajas del parque, comprendidas entre los 250 y los 400 msnm, se encuentra un bosque subcaducifolio húmedo y un bosque de galería (perennifolio). Las áreas sobre los 500 msnm, contienen cafetales abandonados. A partir de los 700 msnm inicia la vegetación de montaña baja, la cual es común en los senderos que conducen al Mirador El Mulo y al Cerro León dentro del sector San Benito (Álvarez y Komar, 2003).

Topografía.

La topografía es extremadamente inclinada y accidentada, con presencia de colinas escabrosas que han sido poco pobladas por el hombre. Los rangos de elevación van desde los 250 msnm en San Francisco Menéndez, hasta los 1425 msnm en el Cerro Campana. (Álvarez y Komar 2003)

Precipitaciones.

En el área de influencia del parque las precipitaciones promedio oscilan desde menos de 1 mm (0.86, febrero) hasta más de 400 (414.71, septiembre). Se puede observar una clara estacionalidad en el lugar, reportando que los meses de diciembre a abril presentan una baja cantidad de lluvias (época seca) y los meses de mayo a noviembre presentan una cantidad considerable de precipitaciones (época lluviosa) (SalvaNatura 2008) (Fig. 7).

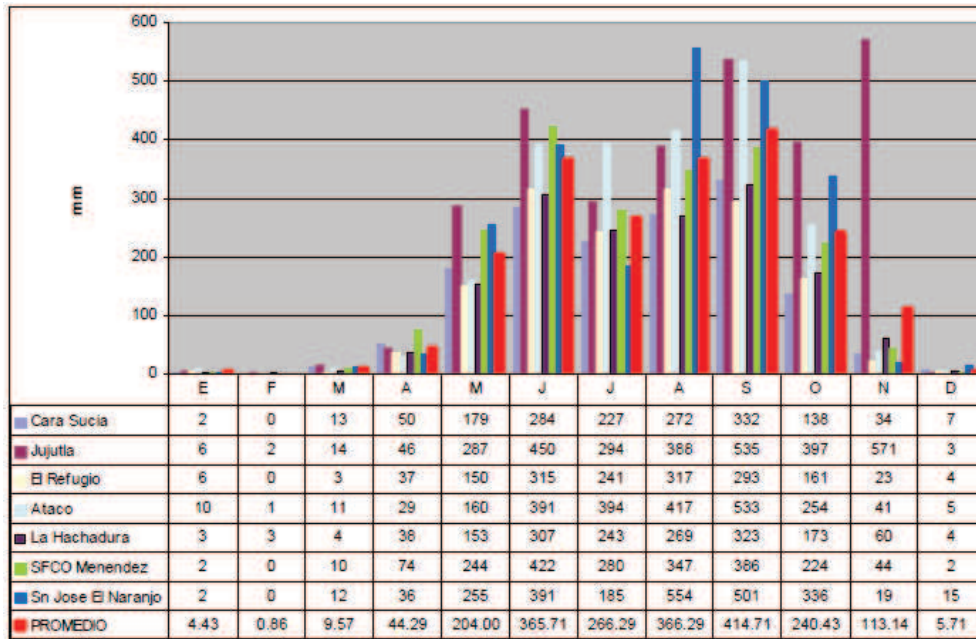


Fig. 7. Cantidad de precipitaciones registradas para siete estaciones meteorológicas, dentro del área de influencia del PN El Imposible (Tomado de: SalvaNatura 2008).

Temperatura.

Las temperaturas promedio en el área de influencia del parque se mantiene entre los 21.8 °C a 24.2 °C con un promedio anual de 23°C (SalvaNatura 2008) (Fig. 8)

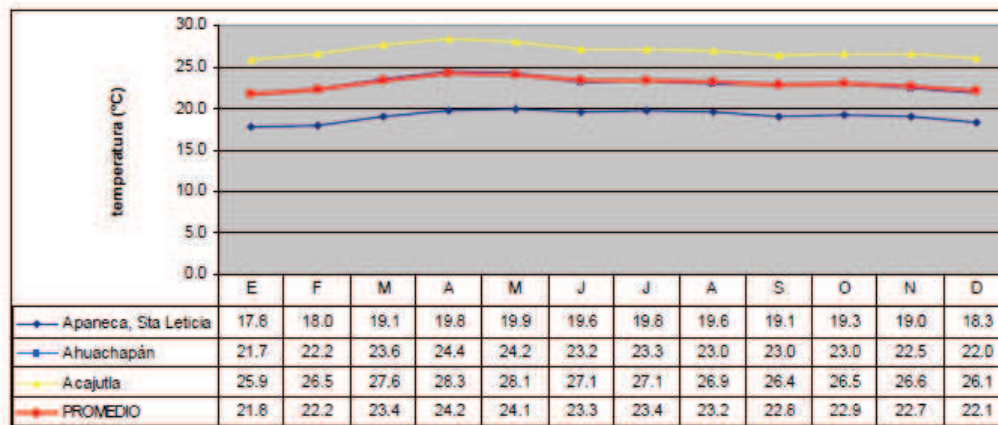


Fig. 8. Temperatura promedio a partir de estaciones meteorológicas dentro del área de influencia del PN El Imposible (Tomado de: SalvaNatura 2008).

Zonación interna del parque.

Según SalvaNatura (2011b) el área está dividida en tres zonas de acuerdo a la afluencia de visitantes que recibe (Fig.9):

- **Zona de Uso Intensivo:** consiste en el 6 % de toda la extensión del bosque e incluye las siguientes áreas: centro de visitantes Mixtepe, Mirador El Mulo en el Sector San Benito y entrada al Sector San Francisco Menéndez. En esta zona se fomenta la recreación turística y la educación ambiental, admite un máximo de 300 turistas en un día.
- **Zona de Uso Extensivo:** constituye el 17% de todo el bosque e incluye las siguientes áreas: Cerro El León, Cerro Dávila, Mirador Pata de Gallina, Piedra Sellada, Los Enganches, El Ixcanal en el Sector San Benito y el Paso El Imposible. Esta zona está destinada para el turismo y paseos educativos.
- **Zona Intangible:** Zona con la mayor extensión del Parque (77%), incluye las siguientes áreas: El Pulguerón, El Pulguerito, La Olla, El Corozo, Cerro Largo, La Timbona, en el Sector San Benito, El Izcanal, Monte Hermoso, La Cumbre, La Leoncita, Mixtepe, el Mirador El Puma, la Cueva de Cal, Piedra del Filo y el Cerro Campana, esta zona, no está destinada para la visita turística, es de uso exclusivo para la preservación de procesos ecológicos. No se permite el tránsito sin previa autorización, la cual es brindada para: proyectos de investigación, preservación, conservación y/o monitoreo.

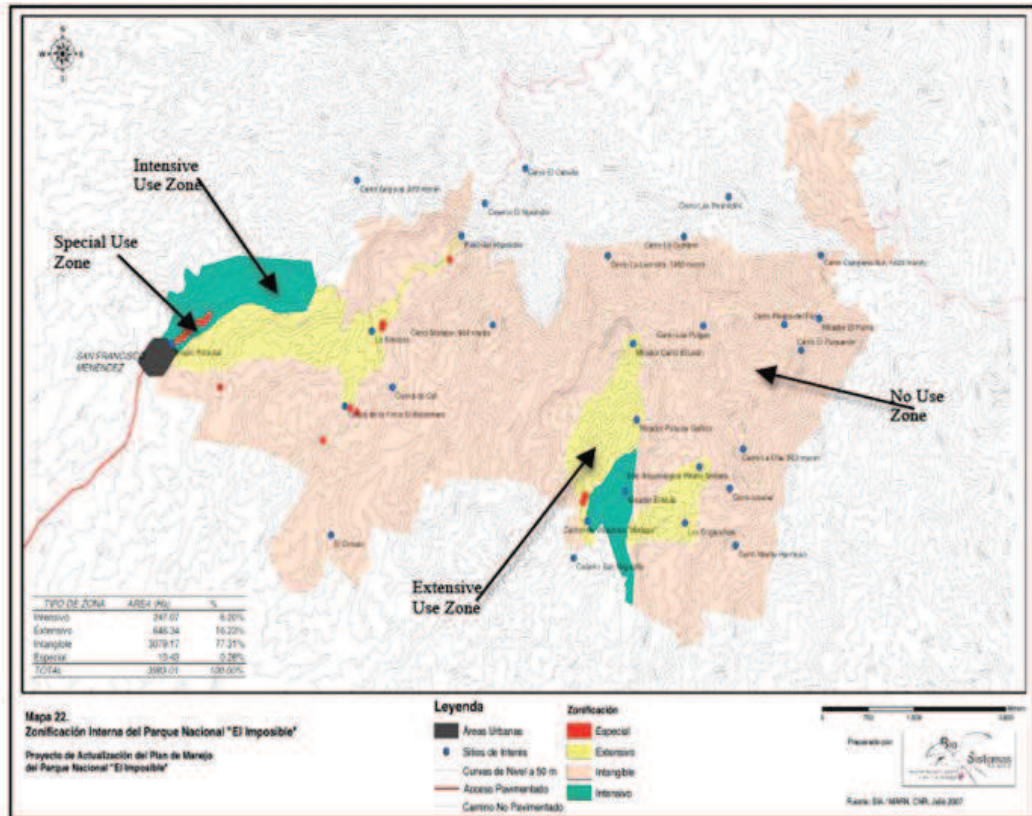


Fig. 9. Zonación Interna del PN El Imposible, pueden observarse las siguientes zonas: de uso intensivo (verde), de uso extensivo (amarillo) e intangible (rosado) (Tomado de: Kelly 2009; Fuente original: SalvaNatura 2008).

Ecoturismo en El Parque Nacional El Imposible.

Entre los años de 1997-2006 el Parque tuvo un promedio de visitas de 5743 visitantes por año, las cuales se concentran en el Sector San Benito (SalvaNatura 2008). En los últimos diez años (período 2003-2012) el promedio anual de turistas que visitó el parque fue de 6563 (Fig. 10).¹

¹ Datos brindados por el guarda recursos y colector del PNEI, Don Martín González.

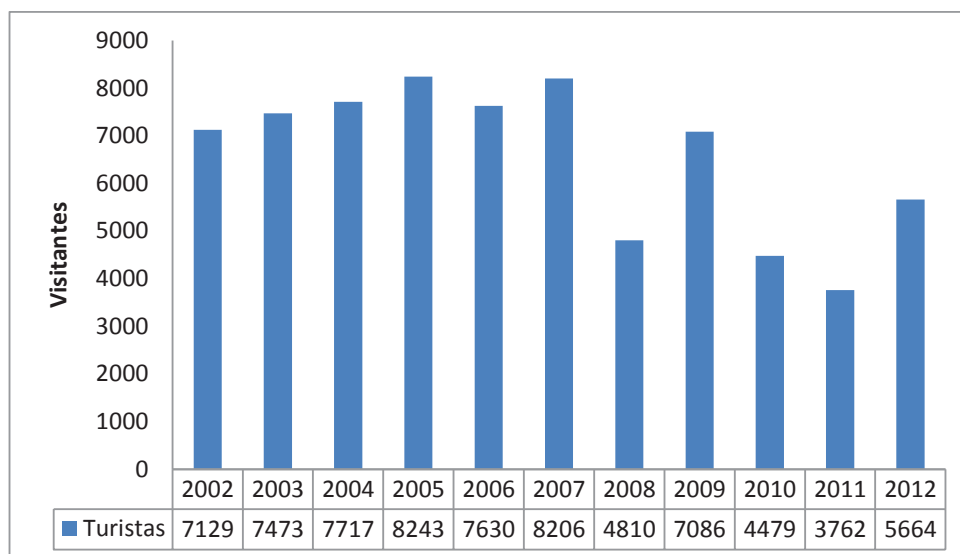


Fig. 10. Número de turistas que visitaron el PNEI (2002-2013)) (Datos sin publicar).

Grado de perturbación.

Se tomó como base la clasificación elaborada por SalvaNatura (2012), donde se detalla la zonación interna del parque. Además se contó con los datos de entrada de turistas al parque (brindados por el colector del sector)², los reportes de las rutas recorridas por los guarda recursos y se conversó con los guías naturalistas del parque para estimar el número de personas aproximado que entraron a cada uno de los sitios en los últimos diez años.

Vegetación.

Se realizó un recorrido de cada uno de los sitios y se observó las especies arbóreas más dominantes en cada uno de estos. Para establecer el nombre común de los árboles se contó con la ayuda de un guarda recursos del parque.³

Altura promedio de los sitios.

² Datos brindados por el guarda recursos y colector del PNEI, Don Martín González.

³ Información brindada por Don Bayron Chinchilla, guarda recursos del PNEI.

Se midió utilizando el altímetro de un gps garmin.

Estructura vegetal (diámetro y cobertura vegetal).

En cada sitio se realizaron dos transectos de 25 m, separados aproximadamente por 300 metros. Se utilizó una cinta métrica para medir el diámetro a la altura del pecho de 20 árboles en cada transecto y se promediaron los datos obtenidos. Para estimar la cobertura vegetal se utilizó un densímetro esférico forestal y se midió en 20 puntos por cada sitio.

Sitios de muestreo.

Cerro El Mulo.

Es un cerro ubicado entre las coordenadas LN 13°49'36.1'' y LO 89°56'44.0'', con una altura que oscila entre los 768 y 834 msnm (transecto utilizado). Por su fácil acceso, poca inclinación y senderos bien definidos, es la ruta utilizada por la mayoría de turistas que ingresan al parque; en promedio al año ingresaron al sitio 6182 personas, significando un 95% de los turistas que ingresaron al parque en el periodo 2003-2010. Fue utilizado como sembradío de cultivos, especialmente de café, hace más de 40 años y desde entonces se ha permitido la regeneración natural del lugar. Entre las especies vegetales que caracterizan el sitio se encuentran: "laurel" (*Cordia alliodora*), "mulo" (*Licania ratifolia*), "copalchí" (*Croton reflexifolius*), "marillo" (*Calophilum brasiliense*), "pimiento" (*Phoebe sp.*), "caulote" (*Guazuma ulmifolia*), "estoraque" (*Clethra mexicana*). Los árboles presentan un DAP promedio (n=40) de 0.75 cm, con una cobertura vegetal de 52% ± 10.

Cerro Dávila.

Está ubicado entre las coordenadas LN 13°49'59.2'' y LO 89°57'02.1'', y una variación de altura que oscila entre los 821 y 956 msnm (transecto utilizado). Debido a su inclinación

pronunciada y difícil acceso es una ruta que pocos turistas utilizan; en promedio, ingresaron 325 personas al sitio por año, significando un 5% de los turistas que visitaron el parque en el periodo 2003-2010*. Nunca se ha realizado ningún tipo de cultivo en el transecto que se utilizó, aunque en los alrededores del sitio hubo cafetales. Las especies arbóreas que caracterizan el sitio son: "chilindrón" (*Alstonia longifolia*), "mulo" (*Licania ratifolia*), "marillo" (*Calophilum brasiliense*), "caulote" (*Guazuma ulmifolia*), "escobo" (*Maytenus chiapensis*), "estoraque" (*Clethra mexicana*). Los árboles presentan un DAP promedio (n=40) de 0.82 cm, con una cobertura vegetal de 58% ± 10.

La Timbona.

Está ubicado entre las coordenadas LN 13°49'52.5'' y LO 89°56'09.8''. Presenta una inclinación extrema, oscila entre los 649 y 797 msnm (transecto utilizado). No se encuentra abierto al público y es utilizado por los guardarecursos del parque para patrullajes y el monitoreo de fauna y flora. Se realizan un promedio de 100 patrullajes al año en esa zona (un aproximado de 200 personas al año). Este sitio fue utilizado como sembradío de cultivos, especialmente de maíz, hace más de 35 años y desde entonces se ha permitido la regeneración natural del lugar. Entre las especies vegetales que se pueden encontrar en el sitio se tienen: "chilindrón" (*Alstonia longifolia*), "laurel" (*Cordia alliodora*), "mulo" (*Licania ratifolia*), "caulote" (*Guazuma ulmifolia*), "estoraque" (*Clethra mexicana*), "laurel" (*Cordia alliodora*), "capulín macho" (*Trema micranta*), "aluminio" (*Drypetes lateriflora*). Los árboles presentan un DAP promedio (n=40) de 0.80 cm, y existe una cobertura vegetal de 60% ± 6.

Cerro Largo.

Está ubicado entre las coordenadas LN 13°50'24.3'' y LO 89°56'41.0''. Al igual que el anterior presenta una inclinación extrema, con abundante presencia de grandes rocas y oscila entre los 775 y 987 msnm (transecto utilizado). No se encuentra habilitado al turismo y es utilizado por los guardarecursos del parque para patrullajes y el monitoreo de fauna y flora. Al estar ubicado en el centro del parque, el sitio se patrulla con menos intensidad que el anterior con un promedio de 25 patrullajes al año (un aproximado de 50 personas al año). Nunca se ha realizado sembradío de ningún tipo y entre las especies arbóreas que se pueden encontrar están: "chilindrón" (*Alstonia longifolia*), "laurel" (*Cordia alliodora*), "mulo" (*Licania ratifolia*), "aluminio" (*Drypetes lateriflora*), "níspero" (*Manilkara chicle*), "estoraque" (*Clethra mexicana*), "caulote" (*Guazuma ulmifolia*). Los árboles presentan un DAP promedio (n=40) de 0.86 cm, y existe una cobertura vegetal de 55% ± 11.

Diseño de muestreo

Número de muestreos.

Se realizaron 6 muestreos en los meses comprendidos entre junio a noviembre de 2013, tomando seis de los siete meses con mayores registros de precipitaciones en el área de influencia (Salvanatura 2008).

Transecto.

En cada sitio, se colocaran un total de 20 trampas, distribuidas en dos transectos lineales, separados 25 m del sendero donde pasan los turistas (El Mulo Cerro Dávila) o los guardarecursos (La Timbona y Cerro Largo). Las trampas se colocaran a partir de los 650 msnm y no sobrepasaron los 990 m.s.n.m. Cada trampa estuvo separada de la otra por un aproximado

de 50 metros (Larsen y Forsyth 2005, Noriega y Fagua 2009) para evitar la interferencia entre las trampas.

Descripción de la trampa.

Se elaboraron trampas de caída (pitfall) haciendo pequeñas modificaciones a la forma sugerida por Fuentes (2010), utilizando botellas plásticas vacías de bebida carbonatada de un volumen de 2.5 litros. Se realizaron dos cortes en el recipiente, el primero a una altura de 22 cm, partiendo la botella en dos mitades, una superior y una inferior. En la parte superior se realizó un segundo corte, para expandir el diámetro de entrada de los escarabajos en la trampa, esta parte superior se invirtió y colocó dentro de la mitad inferior a manera de embudo. Después, con una pala dúplex, se elaboró un orificio en el suelo, donde se introdujo el contenedor plástico, con un diámetro de 12 cm. Arriba de este orificio se colocó un alambre doblado en forma de “u” invertida, donde se colocó el cebo recubierto por tela de maya para que el olor se expandiera. Encima del cebo se colocó un plato para evitar que este se lavara o los recipientes plásticos se llenasen de agua debido a las fuertes lluvias que caen en el lugar. Además se colocaron cintas de color rojo en árboles cercanos a cada una de las trampas, para identificar los sitios donde fueron colocadas ⁴ (Fig. 11).

Tipo de Cebo.

Las trampas fueron cebadas con dos tipos de atrayente:

- Excremento humano.
- Carroña de pollo.

⁴ Conversación personal con Don Pablo Medina y Don Mac Sandoval, guardarecursos del PNEI.

Cada atrayente se colocó cada 100 metros y se obtuvieron al final de cada transecto, 5 trampas cebadas con excremento y 5 trampas cebadas con carroña. En cada trampa se colocaron 60 gramos de cebo (excremento o carroña).



Fig. 11. Trampas tipo pitfall colocadas. a) alambre con cebo colocado, b) protector de las trampas, c) trampa activada, d) indicador de las trampas.

Tiempo de acción de las trampas.

Cada trampa se dejó trabajar por un periodo de 72 horas (Noriega y Fagua 2009).

Contabilización e identificación de las especies colectadas.

Se colectaron muestras de las especies capturadas en viales de vidrio con alcohol al 70 % y se transportaron al Laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología. Se identificaron los especímenes con la ayuda del MSc. René Fuentes, claves taxónomicas y la

asesoría de Angel Solís, Entomólogo del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) de Costa Rica, quien ayudó en la revisión e identificación de una pequeña muestra del material colectado (*A. rodriguezi* (n=1), *C. pseudopuncticolle* (n=65), *C. cyanellus* (n=1), *C. femoralis* (n=52), *C. spl* (n=1), *C. costaricensis* (n=22), *C. lugubris* (n=9), *C. corythus* (n=19), *D. gibbosum* (n=4), *D. annae* (n=1), *D. centralis* (n=10), *D. yucatanus* (n=3), *E. magnus* (n=5), *O. batesi* (n=3), *O. belorhinus* (n=112), *O. landolti* (n=61), *P. endymion* (n=15), *P. eximius* (n=1), *P. wagneri* (n=3), *U. deavilai* (n=9) y *U. microcularis* (n=12)) (Fig. 12).



Fig. 12. Parte de la metodología de campo. a) colecta de datos brindados por los guardarecursos del parque, b) activación de trampas, c) conteo de escarabajos colectados, d) identificación de las especies colectadas.

Análisis estadístico

Riqueza

Se obtuvo un estimado del número de especies que puede estar presente en el parque en general y después individualmente en cada uno de los sitios, mediante el uso de los siguientes estimadores: CHAO 1, ACE, y Jackknife 2 utilizando el sistema informático EstimateS 9.1.

Estimador Chao 1.

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

Fig. 13. Fórmula del Estimador Chao 1.

Dónde:

S_{obs}: Número de especies en la muestras; **F₁**: es el número de especies que solo aparecieron una vez en la muestra; **F₂**: es el número de especies con exactamente dos ocurrencias en la muestra.

Estimador ACE (Abundance Coverage Estimator)

$$S_{ace} = S_{common} + \frac{S_{rare}}{C_{ace}} + \frac{F_1}{C_{ace}} \gamma_{ace}^2$$

Fig. 14. Fórmula de ACE.

Dónde:

Scommon: Son las especies que aparecen más de 10 veces en el muestreo; ***Srare***: son las especies que ocurren 10 o menos veces; ***F1***: es el número de especies que solo aparecieron una vez en la muestra ***Cace***: es el estimador de cobertura de abundancia de la muestra; ***Yace***: es el coeficiente de variación estimado para F1 para las especies raras.

Estimador Jacknife 2.

$$S_{jack2} = S_{obs} + \left[\frac{Q_1(2m-3)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)} \right]$$

Fig. 15. Fórmula del Estimador Jacknife 2.

Dónde:

Sobs: Número de especies en la muestras; ***Q1***: especies que solo se encontraron en un muestreo; ***Q2***: especies que se encontraron en dos muestreos; ***m***: número total de muestreos.

Diversidad

Índice de Shanon-Wiener.

Se utilizó este índice para medir la biodiversidad en cada uno de los sitios mediante el software EstimateS 9.1. El logaritmo utilizado fue el logaritmo natural.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Fig. 16. Fórmula del índice Shanon-Wiener.

Dónde:

S: número de especies; **P_i:** proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos; **N_i:** número de individuos de la especie *i*; **N:** número de todos los individuos de todas las especies.

Curva de rarefacción.

A partir de los datos de diversidad obtenidos en cada sitios y los individuos computados por el programa EstimateS 9.1 se construyó una curva de acumulación de rarefacción, para comparar la diversidad con un número similar de individuos.

Equitatividad

Se obtuvo el valor de equitatividad para cada sitio, utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Fig. 17. Fórmula de equitatividad.

Dónde:

H': valor del índice de Shanon; **Ln:** logaritmo natural; **S:** riqueza.

Biomasa

Se obtuvo un estimado de la biomasa de cada especie colectada, mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$y = 0.0108867 * (x)^{3.316}$$

Fig. 18. Fórmula para estimar la biomasa de scarabaeiane.

Dónde:

y: valor estimado de biomasa (mg) ; **x**: longitud (mm) del escarabajo; **0.0108867**: constante; **3.316** constante (para mayor información ver Lobo (1993)).

Similitud entre sitios.

Para establecer la similitud entre los cuatro sitios se utilizaron los índices de similitud de Jaccard y Simpson, utilizando el software Past 3.0.1.

Índice de similitud de Jaccard.

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

Fig. 19. Fórmula del Índice de similitud de Jaccard.

Dónde:

a: número de especies presentes en el sitio A; **b**: número de especies presentes en el sitio B; **c**: número de especies presentes en ambos sitios (A y B).

Coefficiente de similitud de Simpson

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Fig. 20. Fórmula del coeficiente de similitud de Simpson.

Dónde:

S: es el número de especies; **N**: es el total de organismos presentes, **n**: es el número de ejemplares por especie

Prueba de Normalidad

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks para establecer si las variables: riqueza, abundancia, equitatividad, biomasa (en excremento y en carroña), abundancia de *O. landolti*, biomasa de *O.*

landolti en excremento y biomasa de *C. corythus* en carroña, diversidad del gremio de los tuneleros, equitatividad del gremio de los tuneleros, diversidad del gremio de los rodadores y equitatividad del gremio de los rodadores, tenían una distribución normal, utilizando el software Statistica 6.0.

$$W = \left[\frac{\sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{(n-i+1)} - x_{(i)})}{SD\sqrt{n-1}} \right]^2$$

Fig. 21. Fórmula de Shapiro-Wilk.

Dónde:

n: número total de observaciones; **SD:** desviación estándar; **x(i):** muestras ordenadas de menor a mayor; **x(n-i+1):** muestras ordenadas de mayor a menor; **k:** número entero mayor menor o igual a n / 2; **an-i+1:** coeficiente para n observado. (Moreno 2001).

Las variables biomasa de *O. landolti*, diversidad de gremio de los tuneleros, equitatividad del gremio de los tuneleros no presentaban distribución normal y fueron transformadas utilizando la raíz cuadrada, para que presentarán dicha distribución.

ANOVA

Para determinar si el paso de personas explicaba variación en las variables: riqueza, abundancia, equitatividad, biomasa (en excremento y en carroña), abundancia de *O. landolti*, biomasa de *O. landolti* en excremento y biomasa de *C. corythus* en carroña, diversidad del gremio de los tuneleros, equitatividad del gremio de los tuneleros, diversidad del gremio de los rodadores y equitatividad del gremio de los rodadores se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA), mediante el paquete informático Statistica 6.0.

$$\begin{array}{rcl} \sum \sum (Y_{ij} - \bar{y})^2 & = & \sum \sum (Y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 + n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_{i.} - \bar{y})^2 \\ \text{S.C.T.} & = & \text{S.C.I.} + \text{S.C.E.} \end{array}$$

Fig. 22. Fórmula de ANOVA.

Dónde:

S. C. T.: Suma de cuadrado totales; **S. C. I.:** Suma de cuadrado intra-grupos; **S. C. E.:** Suma de cuadrados entre grupos.

Estadístico Post-hoc: Fisher LSD.

Si ANOVA detecto diferencias, se utilizó la prueba de Fisher LSD para encontrar los promedios que variaban significativamente.

$$LSD = t \sqrt{2MSE/n}$$

Fig. 23. Fórmula de la prueba de Fisher LSD.

Dónde:

t: valor crítico de la tabla de distribución t con grados de libertad de la prueba Anova; **MSE:** Error de la suma de cuadrados, proveniente de la prueba Anova ; **n:** número de veces que se utilizó para calcular la media.

5. RESULTADOS

Riqueza.

Se colectó un total de 22 especies de escarabajos coprófagos distribuidos en 11 géneros, de los cuáles 6 son nuevos reportes para El Salvador. *Ateuchus rodriguezi*, *Canthidium pseudopunticolle* (nuevo reporte), *Canthon cyanellus*, *Canthon femoralis*, *Canthon sp1*, *Copris costaricensis*, *Copris lugubris*, *Coprophanaeus corythus*, *Deltochilum gibbosum* (nuevo reporte), *Dichotomius annae*, *Dichotomius centralis*, *Dichotomius yucatanus*, *Eurysternus magnus* (nuevo reporte), *Onthophagus batesi*, *Onthophagus belorhinus* (nuevo reporte), *Onthophagus landolti*, *Phanaeus endymion*, *Phanaeus eximius*, *Phanaeus wagneri*, *Sisyphus mexicanus*, *Uroxys deavilai* (nuevo reporte) y *Uroxys microocularis* (nuevo reporte).

Todos los análisis estadísticos e índices de diversidad, con excepción de los estimadores de riqueza se realizaron utilizando 21 especies y no 22, donde: *U. deavilai* + *U. microocularis* = *Uroxys*.

Estimadores de riqueza.

El número de especies estimadas y el porcentaje de especies capturados en los cuatro sitios muestreados en el PNEI se refleja en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados en los cuatro sitios muestreados.

Estimador	ACE	Chao 1	Jack 2
Número de especies esperadas	25.29	22.99	25.43
Número de especies capturadas	22	22	22
Porcentaje de representatividad	86.99 %	95.69 %	86.51%

Preferencia alimenticia.

De estas especies (n=21), 7 (33.33 %) fueron colectados sólo en excremento, 1 (4.76 %) fue colectada sólo en carroña y 13 (61.90 %) fueron encontrados en ambos cebos.

Catorce especies fueron clasificadas como: coprófagas (más del 90 % de individuos capturados en excremento), necrófagas (más del 90% de individuos capturados en carroña) o generalista (Tabla 2). Las siete especies restantes no pudieron ser catalogadas, porque se colectaron menos de 10 individuos

Gremios

El gremio de los túneleros (paracopridos) reportó 16 especies: Ateuchini (*A. rodriguezi*, *C. pseudopunticolle*, *D. annae*, *D. centralis*, *D. yucatanus* Uroxys), Phanaeini (*C. corythus*, *P. endymion*, *P. eximius*, *P. wagneri*), Coprini (*C. costaricensis*, *C. lugubris*), Onthophagini (*O. batesi*, *O. belorhinus*, *O. landolti*). Fueron colectados 8395 individuos de este gremio.

El gremio de los endocoprido reporto 1 especie: Oniticellini (*E. magnus*). Fueron colectados 6 individuos de este gremio.

Mientras que el gremio de los rodadores (telecopridos) reportó 5 especies: Deltochilini (*C. cyanellus*, *C. femoralis*, *C. sp1*, *D. gibbosum*) y Sisyphini (*S. mexicanus*). Fueron colectados 1649 individuos de este gremio.

Abundancia.

En total se colectaron 10, 050 individuos (Tabla 3), siendo el mes con menor abundancia de escarabajos el de septiembre y el que menos abundancia presento el mes de octubre (Fig. 24). Con excremento se colectaron 9126 escarabajos (90.81 %) y con la carroña se colectaron 924 individuos (9.19 %) (Fig. 24).

Tabla 2. Preferencias alimenticias de 14 especies colectadas en el PNEI.

Especie	Hábito
<i>C. pseudopunticolle</i>	Coprófago
<i>C.femoralis</i>	Coprófago
<i>C. costaricensis</i>	Coprófago
<i>C. lugubris</i>	Coprófago
<i>D. centralis</i>	Coprófago
<i>D. yucatanus</i>	Coprófago
<i>E. magnus</i>	Coprófago
<i>O. batesi</i>	Coprófago
<i>O. landolti</i>	Coprófago
<i>P. endymion</i>	Coprófago
<i>Uroxys</i>	Coprófago
<i>C. corythus</i>	Necrófago
<i>O. belorhinus</i>	Generalista

Abundancia relativa.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron: *O. landolti* (46.93 %), *C. femoralis* (16.25 %), *O. belorhinus* (13.65 %) y *Uroxys* (13.17 %) (Fig. 27).

Dominancia

De las 4 especies con mayor abundancia relativa, sólo una afectó la diversidad directamente: *Onthophagus landolti* (normalidad-diversidad; $W=0.96627$, $p=0.57631$) ($F=3.4972$, $p=0.048873$). Se encontraron diferencias en los meses en que *O. landolti* era muy abundante y en los que no lo era (Tabla 4) (Fig. 28).

Tabla 3. Especies de escarabajos coprófagos del PNEI.

Especie	Meses						Cebos		Total
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Exc	Car	
<i>A. rodriguezi</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	1
<i>C. pseudopunticolle</i>	46	44	122	105	80	42	404	35	439
<i>C. cyanellus</i>	0	1	1	0	0	0	0	2	2
<i>C. femoralis</i>	115	189	734	404	139	52	1528	105	1633
<i>C. sp1</i>	1	2	4	0	0	0	3	4	7
<i>C. costaricensis</i>	13	34	27	13	1	7	88	7	95
<i>C. lugubris</i>	3	2	0	8	9	2	24	0	24
<i>C. corythus</i>	92	24	14	21	3	1	5	150	155
<i>D. gibbosum</i>	1	0	1	3	1	0	5	1	6
<i>D. annae</i>	1	1	0	0	0	0	2	0	2
<i>D. centralis</i>	19	48	13	17	4	1	95	7	102
<i>D. yucatanus</i>	41	7	6	28	4	0	82	4	86
<i>E. magnus</i>	0	4	1	1	4	2	12	0	12
<i>O. batesi</i>	9	12	2	5	0	0	27	1	28
<i>O. belorhinus</i>	117	147	287	654	102	71	963	415	1378
<i>O. landolti</i>	1105	490	418	813	706	1184	4617	99	4716
<i>P. endymion</i>	7	2	0	15	3	3	17	13	30
<i>P. eximius</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. wagneri</i>	3	4	1	0	0	0	8	0	8
<i>S. mexicanus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Uroxys</i>	157	187	402	188	133	257	1243	81	1324
Total	1731	1198	2033	2276	1189	1623	9126	924	10050

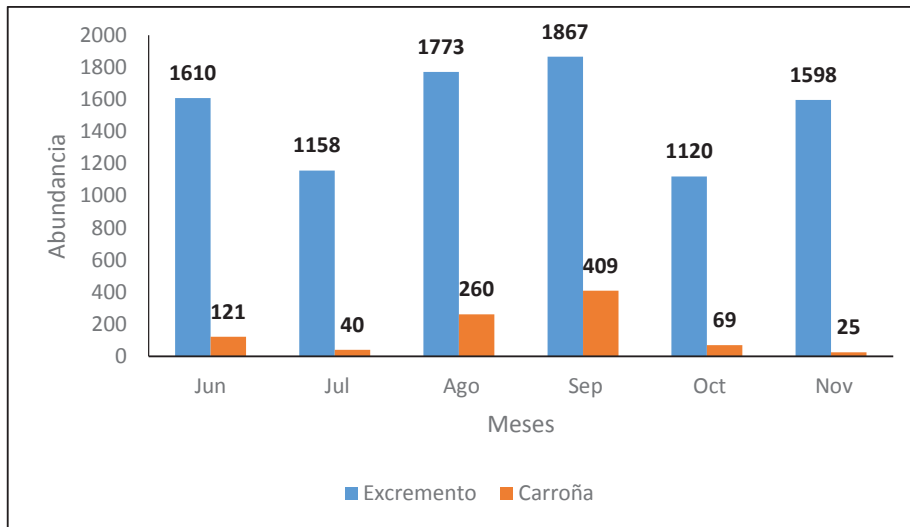


Fig. 24. Abundancias de los escarabajos colectadas con excremento y carroña.

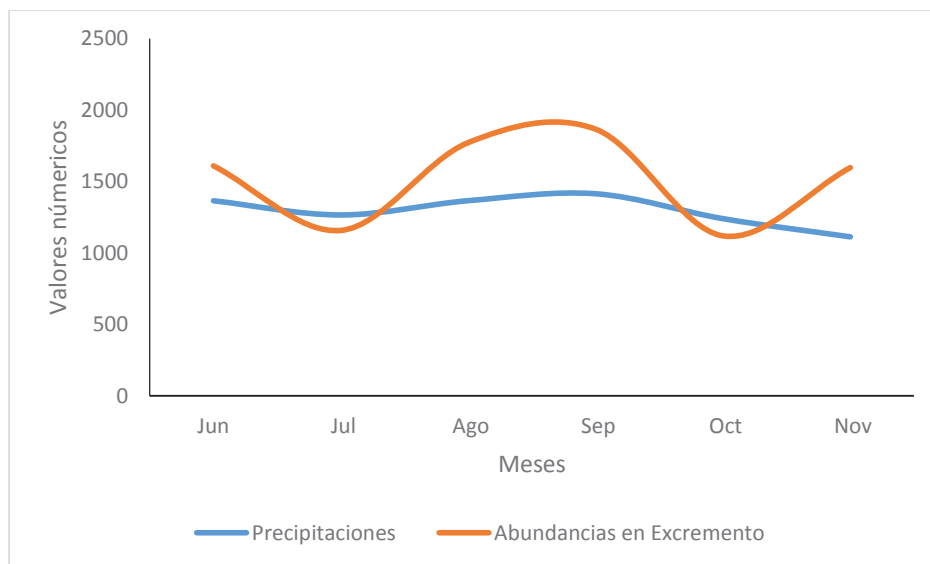


Fig. 25. Tendencias gráficas de las abundancias capturadas en excremento y las precipitaciones.

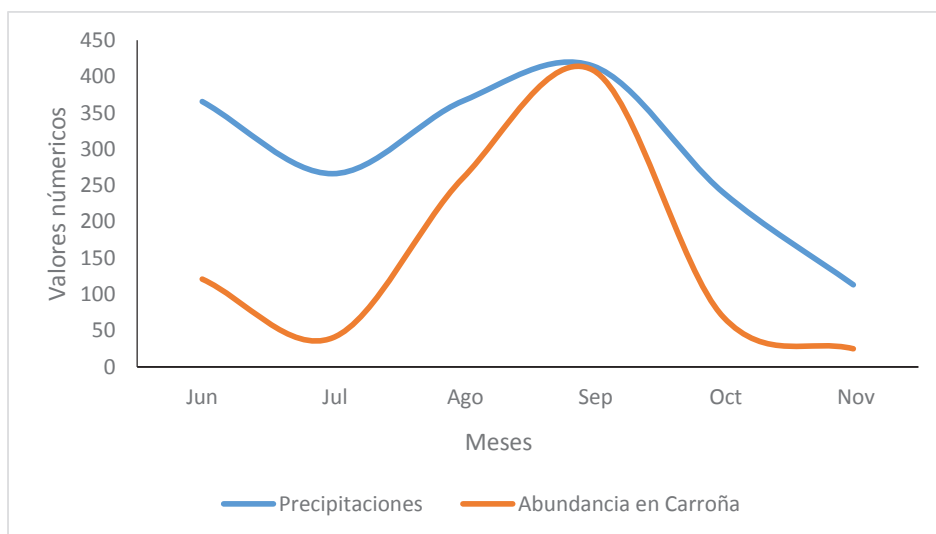


Fig. 26. Tendencias gráficas de las abundancias capturadas en carroña de pollo y las precipitaciones.

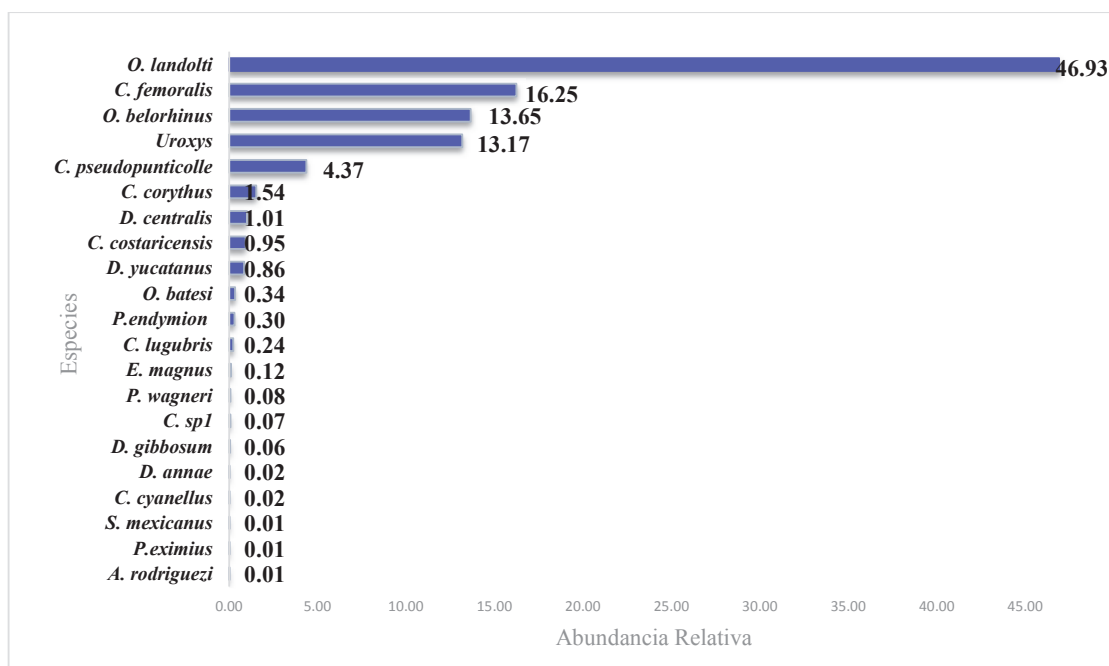


Fig. 27 Abundancias relativas de los escarabajos colectados en el PNEI.

Tabla 4. Post-hoc (Fisher LSD).

<i>O. landolti</i>	Muy Abundante	Abundante	No abundante
Muy Abundante	-	0.0859	0.0176
Abundante	0.0859	-	0.4470
No abundante	0.0176	0.4470	-

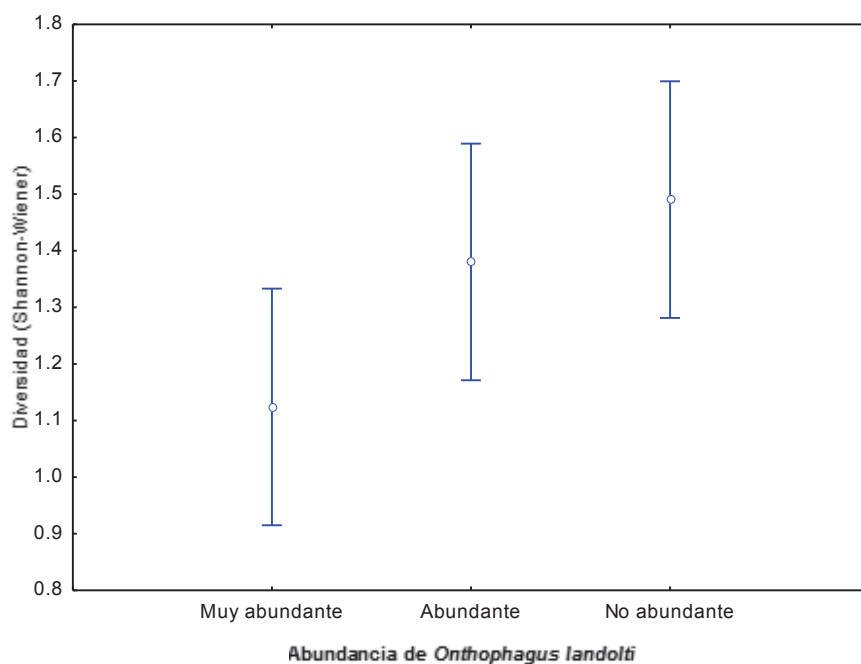


Fig. 28. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a las abundancias relativas de *O. landolti*.

Biomasa

Se obtuvo un total de 125.21 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales *C. corythus* fue el que más biomasa representó con 63.55 g (50.77 %), *D. centralis* representó 16.11 g (12.87 %), seguido de *O. landolti* con 10.65 g (8.50 %), seguido de *O. belorhinus* con 9.46 g (7.55 %) y *C. femoralis* con 6.75 g (5.39 %) (Fig. 29).

Se obtuvo además la equivalencia (en biomasa) de un individuo de *C. corythus* en relación a las otras especies con mayor biomasa colectada (Tabla 5).

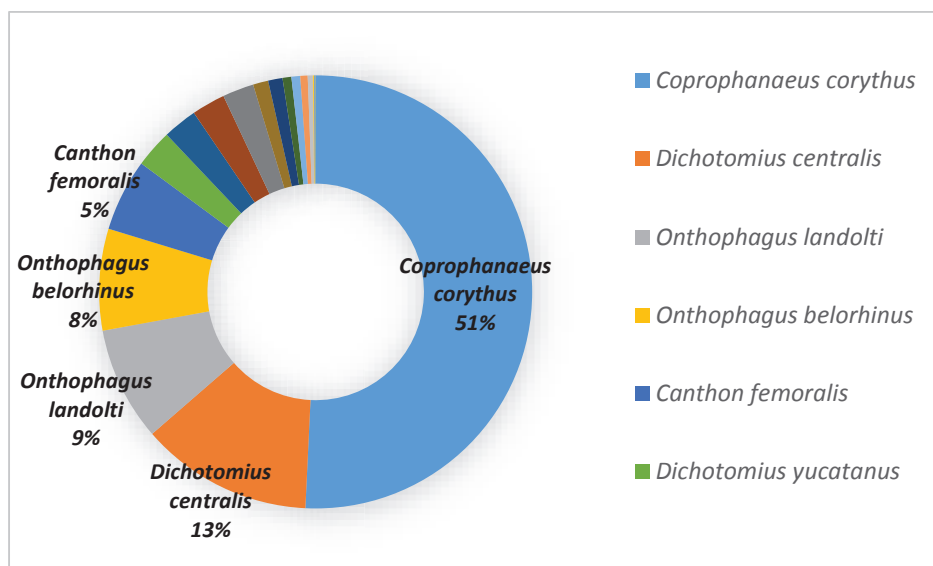


Fig. 29. Biomasa total colectada en el PNEI.

Tabla 5. Número de individuos necesarios para alcanzar la biomasa de un individuo de *C. corythus*.

Especie	Número de individuos equivalentes a un individuo de <i>C. corythus</i>
<i>Dichotomius centralis</i>	2.60
<i>Onthophagus landolti</i>	181.55
<i>Onthophagus belorhinus</i>	59.49
<i>Canthon femoralis</i>	99.18

Cebos: Excremento

Abundancia relativa.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en excremento fueron: *O. landolti* (50.59 %), *C. femoralis* (16.74 %), *Uroxys* (13.62 %) y *O. belorhinus* (10.55 %) (Fig. 30).

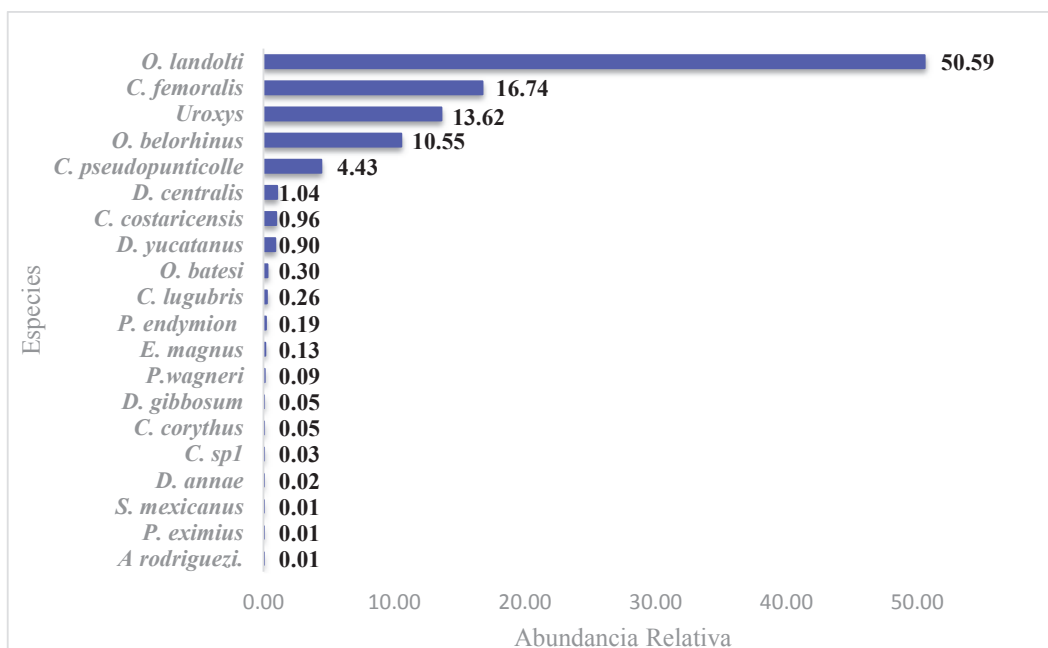


Fig. 30. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en excremento en el PNEI.

Biomasa

Se obtuvo un total de 56.92 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales *D. centralis* fue el que más biomasa representó con 15.00 g (26.36%), después *O. landolti* con 10.43 g (18.32%), seguido de *O. belorhinus* con 6.64 g (11.66%) y *C. femoralis* con 6.32 g (11.10%) (Fig. 31).

Dominancia

De las 4 especies con mayor biomasa relativa, sólo una afectó la diversidad directamente: *O. landolti* (diversidad - normalidad; $W=0.9693$, $p=0.6493$) ($F=4.1856$, $p=0.0295$) (Tabla 6) (Fig. 32).

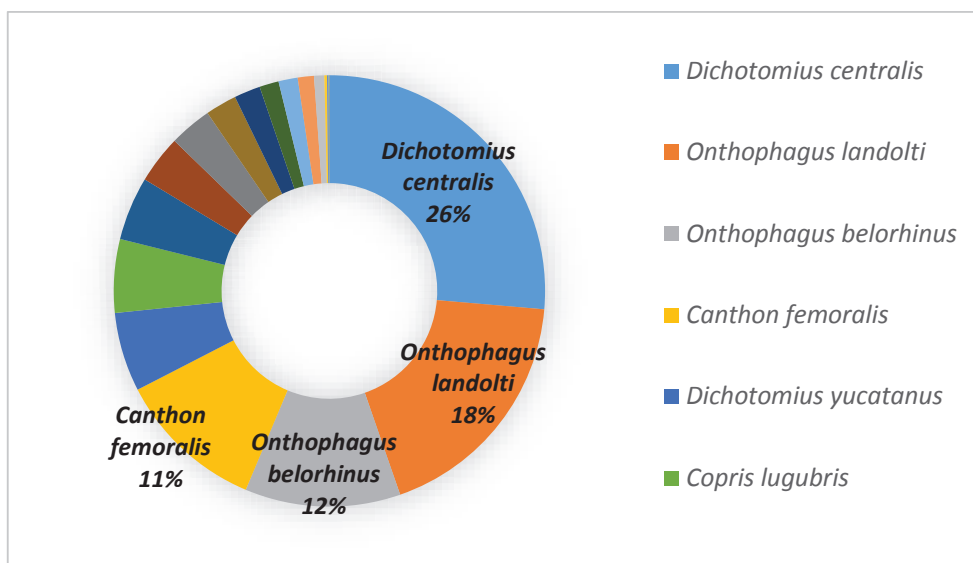


Fig. 31. Biomasa colectada en excremento en el PNEI.

Tabla 6. Post-hoc (Fisher LSD).

<i>O. landolti</i>	Muy Abundante	Abundante	No abundante
Muy Abundante	-	0.0508	0.0111
Abundante	0.0508	-	0.4838
No abundante	0.0111	0.4838	-

Cebos: Carroña

Abundancia relativa.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en carroña de pollo fueron: *Onthophagus belorhinus* (45.01 %), *Coprophanaeus corythus* (16.27 %), *Canthon femoralis* (11.39 %), *Onthophagus landolti* (10.74 %), *Uroxys* (8.79 %) (Fig. 33).

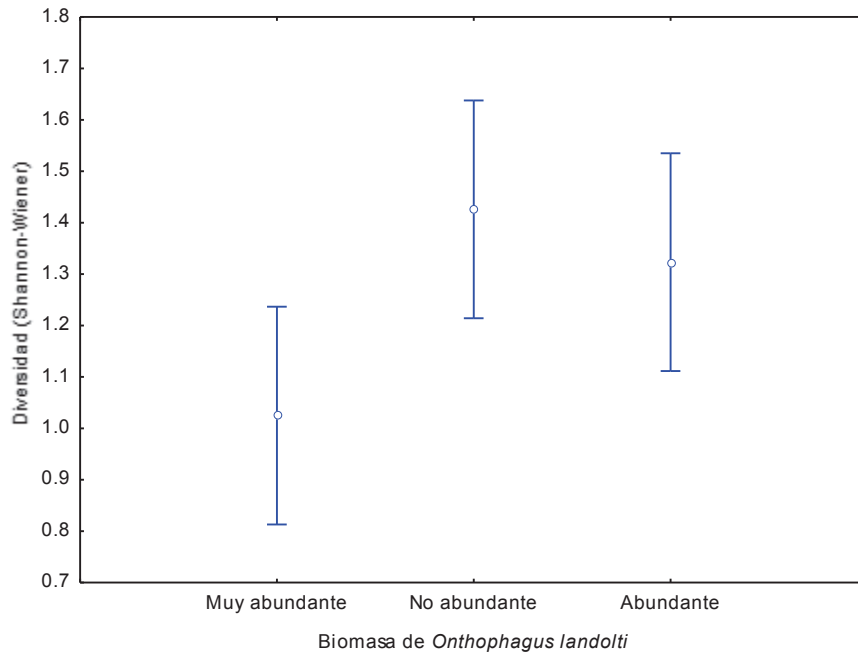


Fig. 32. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a la biomasa de *O. landolti*.

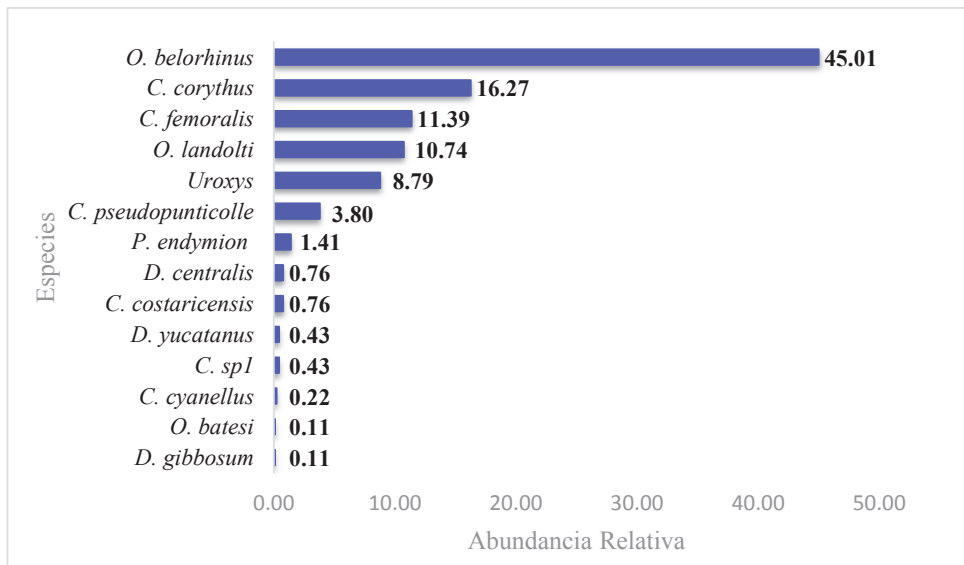


Fig. 33. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en carroña, en el PNEI.

Biomasa.

Se obtuvo un total de 68.29 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales *C. corythus* fue el que más biomasa represento con 61.50 g (90.06 %), después *O. belorhinus* con 2.86 g (4.19 %), seguido de *P. endymion* con 1.40 g (2.03 %) y *D. centralis* con 1.11 g (1.62 %). (Fig. 34).

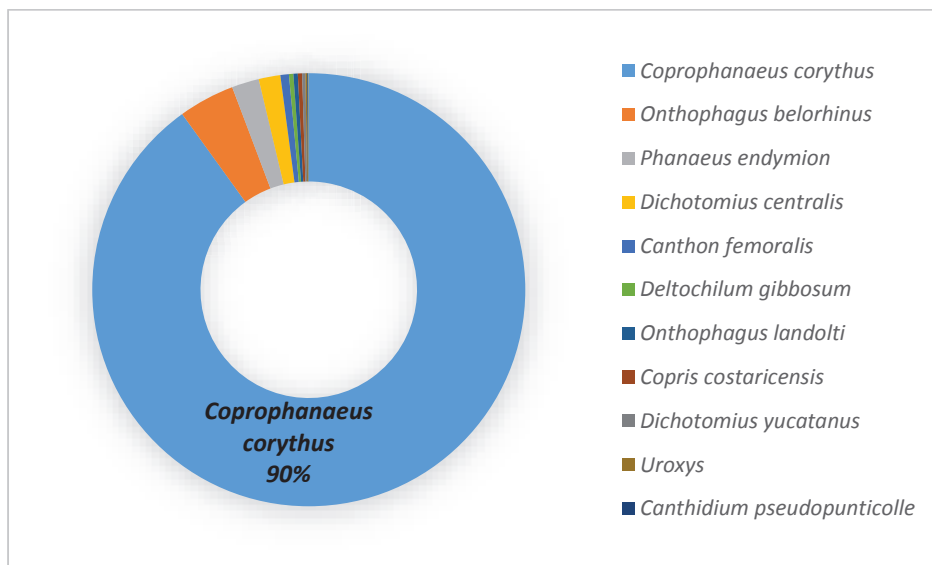


Fig. 34. Biomasa colectada en carroña, en el PNEI.

Dominancia.

La especie con mayor biomasa relativa (*C. corythus*) afectó la diversidad directamente: (diversidad - normalidad; $W=0.9650$, $p=0.6471$) ($F=5.1466$, $p=0.0358$) (Fig. 35).

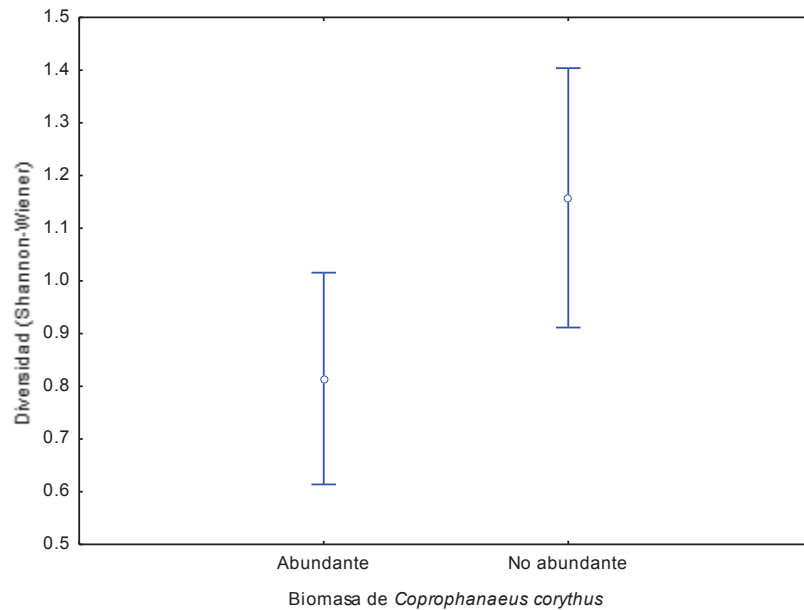


Fig. 35. Análisis de varianza de la diversidad de escarabajos en el PNEI en relación a la biomasa de *C. corythus*.

Sitios

El Mulo (Mucho paso de personas).

Riqueza.

Se colectó un total de 16 especies, de las cuales 9 (56.25 %) fueron colectadas en ambos cebos, 6 (37.5 %) sólo en excremento (ce) y 1 (6.25%) sólo en carroña (cc): *C. pseudopunticolle* (ce, cc), *C. cyanellus* (cc), *C. femoralis* (ce), *C. sp1* (ce), *C. costaricensis* (ce), *C. lugubris* (ce), *C. corythus* (ce, cc), *D. gibbosum* (ce), *D. annae* (ce), *D. centralis* (ce, cc), *D. yucatanus* (ce, cc), *O. batesi* (ce, cc), *O. belorhinus* (ce, cc), *O. landolti* (ce, cc), *P. endymion* (ce, cc), *Uroxys* (ce, cc).

Individuos colectados.

Se colectó un total de 1136 individuos (11.30 % del total de individuos colectados) de los cuales 998 (87.85 %) se colectaron en excremento y 138 (12.15 %) en carroña de pollo.

Abundancia relativa.

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron: *O. landolti* (42.96 %), *O. belorhinus* (26.06 %), *D. centralis* (6.07 %), *C. corythus* (5.55%) y *D. yucatanus* (4.93%). (Fig. 36).

Cebos.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en excremento fueron: *O. landolti* (48.60 %) y *O. belorhinus* (23.85 %).

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en carroña de pollo fueron: *C. corythus* (44.93 %) y *O. belorhinus* (42.03 %).

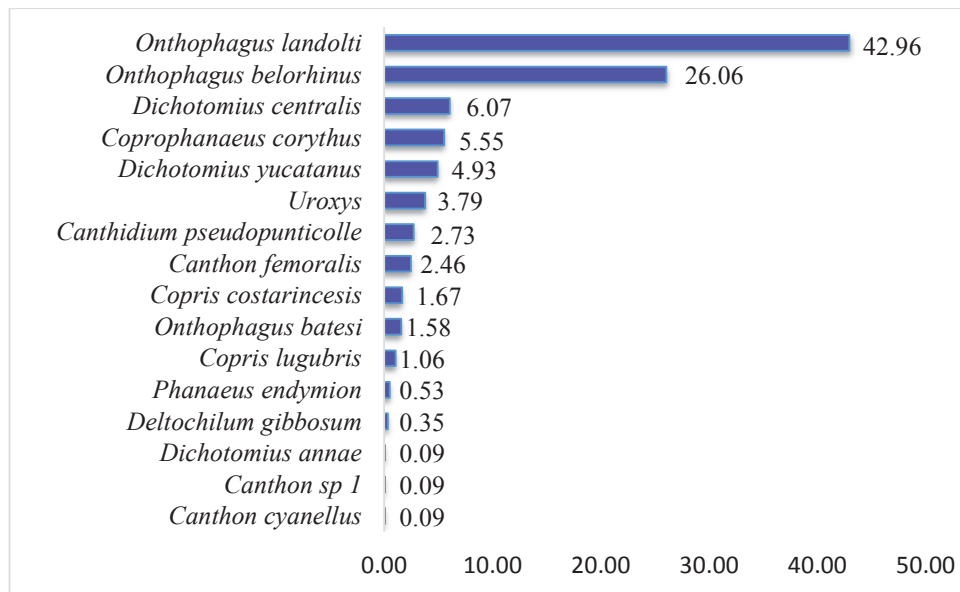


Fig. 36. Abundancia relativa de las especies colectadas en El Mulo.

Biomasa

Se obtuvo un total de 45.56 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales 25.80 g (55.48 %) pertenecieron a *C. corythus*, 10.90 g (23.41 %) a *D. centralis*, 2.31 g (4.95 %) a *D. yucatanus*, 2.04 g (4.38 %) a *O. belorhinus* y 1.57 g (3.37 %) a *C. lugubris*. (Fig. 37).

Diversidad y equitatividad

El índice de Shannon calculado para el sitio es $H= 1.75$ y el valor de equitatividad es del 63%.

Estimadores de riqueza de especies.

El número de especies estimadas y el porcentaje de especies capturados en El Mulo se refleja en la Tabla 7.

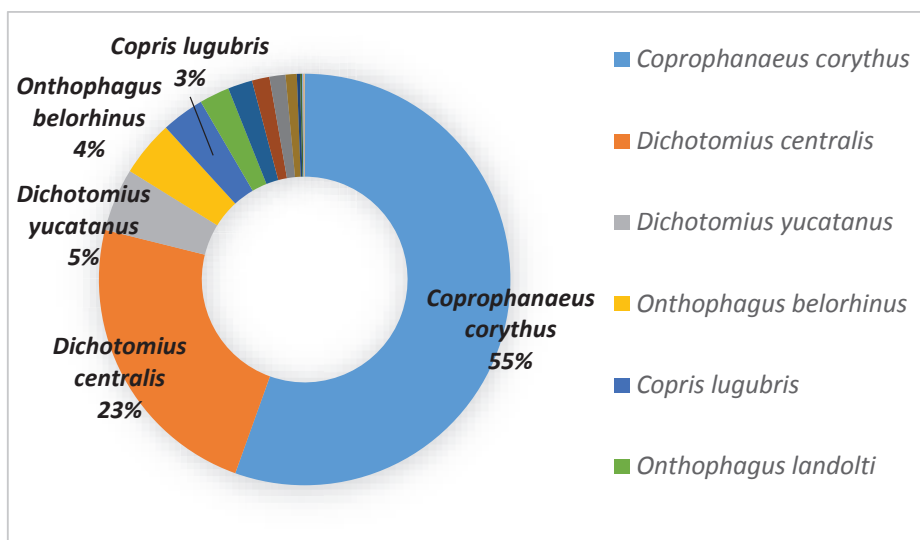


Fig. 37. Biomasa colectada en El Mulo.

Tabla 7. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados en El Mulo.

Estimador	ACE	Chao 1	Jack 2
Número de especies esperadas	20.42	18.99	19.96
Porcentaje de representatividad	78.35 %	84.25 %	80.16 %

Cerro Dávila (Medio paso de personas).

Riqueza.

Se colectó un total de 16 especies, de las cuales 11 (68.75 %) fueron colectadas en ambos cebos, 5 (31.25 %) sólo en excremento (ce) y 0 sólo en carroña (cc): *C. pseudopunticolle* (ce, cc), *C. femoralis* (ce, cc), *C. sp1* (ce, cc), *C. costaricensis* (ce, cc), *C. lugubris* (ce), *C. corythus* (ce, cc), *D. gibbosum* (ce), *D. annae* (ce), *D. centralis* (ce, cc), *D. yucatanus* (ce, cc), *E. magnus* (ce), *O. batesi* (ce), *O. belorhinus* (ce, cc), *O. landolti* (ce, cc), *P. endymion* (ce, cc), *Uroxys* (ce, cc).

Individuos colectados.

Se colectaron un total de 3043 individuos (30.28 % del total de individuos colectados) de los cuales 2558 (84.06 %) se colectaron en excremento y 485 (15.94 %) en carroña de pollo.

Abundancia relativa.

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron: *C. femoralis* (36.02 %), *O. landolti* (32.17 %), *O. belorhinus* (19.78 %), *Uroxys* (4.44 %) y *C. pseudopunticolle* (3.75 %) (Fig. 38).

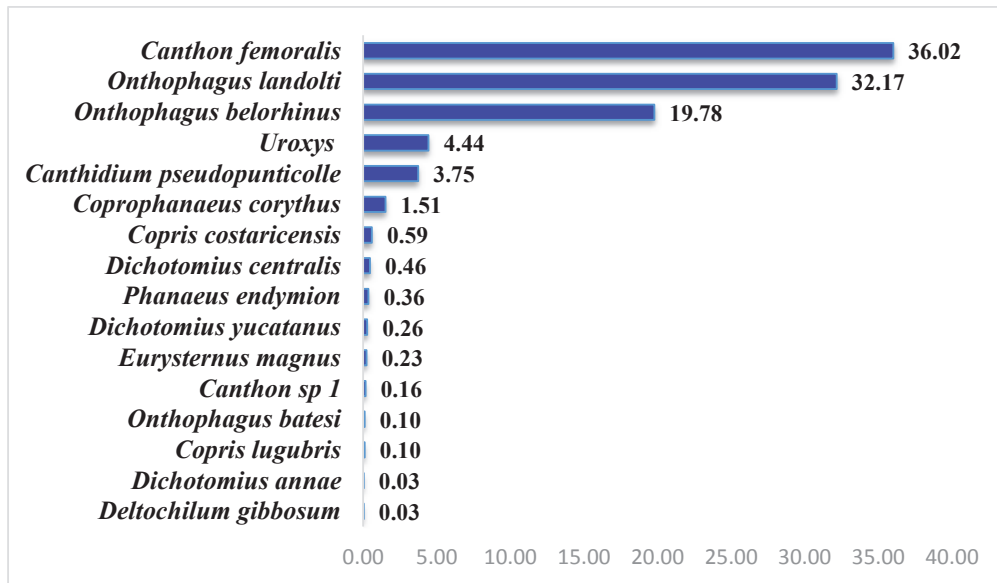


Fig. 38. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en el Cerro Dávila.

Cebos

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa en excremento fueron: *C. femoralis* (38.74 %), *O. landolti* (35.57 %), *O. belorhinus* (15.29 %), *Uroxys* (4.42 %) y *C. pseudopuncticolle* (3.64 %).

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa en carroña de pollo fueron: *O. belorhinus* (43.51 %), *C. femoralis* (21.65 %), *O. landolti* (14.23 %), *C. corythus* (9.07 %) y *Uroxys* (4.54 %).

Biomasa

Se obtuvo un total de 35.84 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales 18.86 g (52.62 %) pertenecieron a *C. corythus*, 4.53 g (12.64 %) a *C. femoralis*, 4.15 g (11.58 %) a *O. belorhinus*, 2.21 g (6.17 %) a *D. yucatanus* y 2.21 g (6.17 %) a *O. landolti*. (Fig. 39).

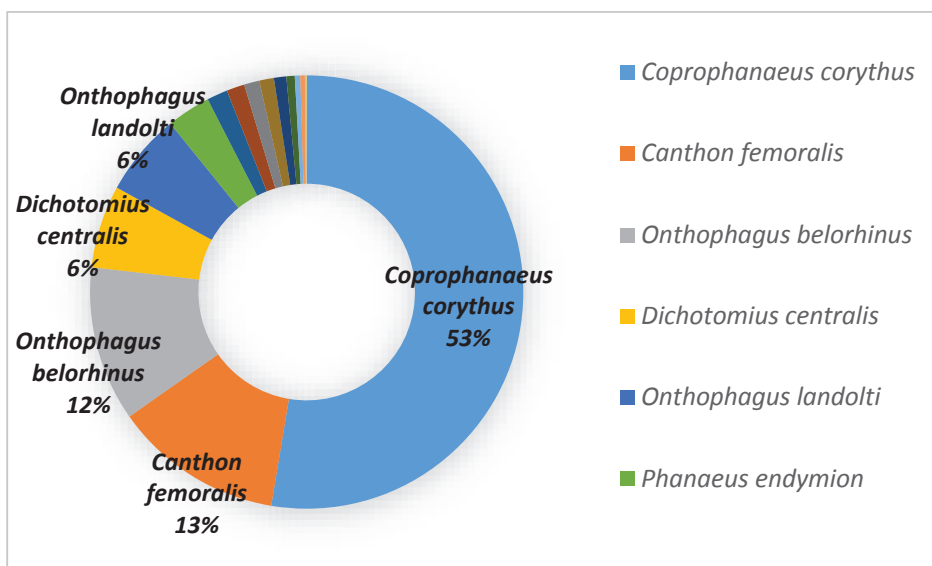


Fig. 39. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en el Cerro Dávila.

Diversidad y equitatividad

El índice de Shannon calculado para el sitio es $H = 1.51$ y el valor de equitatividad es del 54 %.

Estimadores de riqueza de especies.

El número de especies estimadas y el porcentaje de especies capturados en el Cerro Dávila se refleja en la Tabla 8.

Tabla 8. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados en el Cerro Dávila.

Estimador	ACE	Chao 1	Jack 2
Número de especies esperadas	17.41	16.99	19.96
Porcentaje de representatividad	91.90%	94.17%	80.16%

La Timbona (Poco paso de personas).

Riqueza.

Se colectó un total de 19 especies, de las cuales 8 (42.11%) fueron colectadas en ambos cebos, 8 (42.11%) sólo en excremento (ce) y 3 (15.79 %) sólo en carroña de pollo (cc): *A. rodriguezi* (ce), *C. pseudopunticolle* (ce, cc), *C. cyanellus* (cc), *C. femoralis* (ce, cc), *C. sp1* (cc), *C. costaricensis* (ce), *C. lugubris* (ce), *C. corythus* (ce, cc), *D. gibbosum* (cc), *D. centralis* (ce, cc), *D. yucatanus* (ce), *O. batesi* (ce), *O. belorhinus* (ce, cc), *O. landolti* (ce, cc), *P. endymion* (ce, cc), *P. eximius* (ce), *P. wagneri* (ce), *S. mexicanus* (ce), *Uroxys* (ce, cc).

Individuos colectados.

Se colectaron un total de 3800 individuos (37.81 % del total de individuos colectados) de los cuales 3564 (93.79 %) se colectaron en excremento y 236 (6.21 %) en carroña de pollo.

Abundancia relativa.

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron: *O. landolti* (49.87 %), complejo *Uroxys* (22.58 %), *O. belorhinus* (10.79 %), *C. femoralis* (6.92 %) y *C. pseudopunticolle* (6.16 %) (Fig. 40).

Cebos.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en excremento fueron: *O. landolti* (53.00 %), *Uroxys* (22.67%).

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en carroña de pollo fueron: *O. belorhinus* (57.20 %), *Uroxys* (21.19 %), y *C. corythus* (11.44 %).

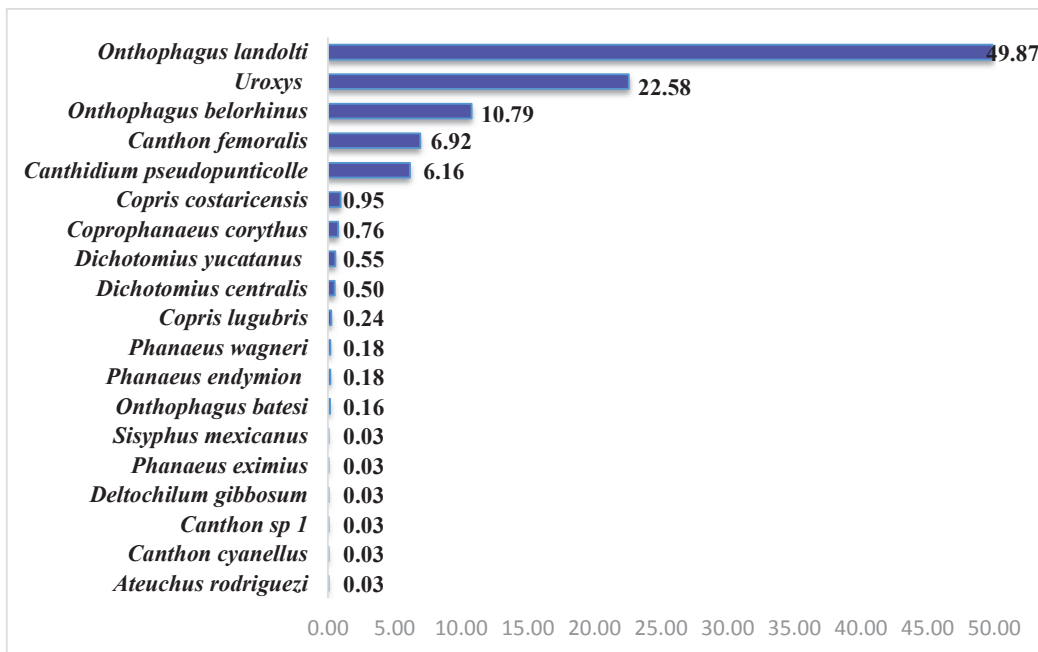


Fig. 40. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en La Timbona.

Biomasa

Se obtuvo un total de 29.11 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales 11.89 g (40.84 %) pertenecieron a *C. corythus*, 4.28 g (14.70 %) a *O. landolti*, 3.00 g (10.31 %) a *D. centralis*, 2.83 g (9.71 %) a *O. belorhinus* y 1.18 g (4.04 %) a *C. lugubris* (Fig. 41).

Diversidad y equitatividad

El índice de Shanon calculado para el sitio es $H = 1.47$ y el valor de equitatividad es del 50 %.

Estimadores de riqueza de especies.

El número de especies estimadas y el porcentaje de especies capturados en La Timbona se refleja en la Tabla 9.

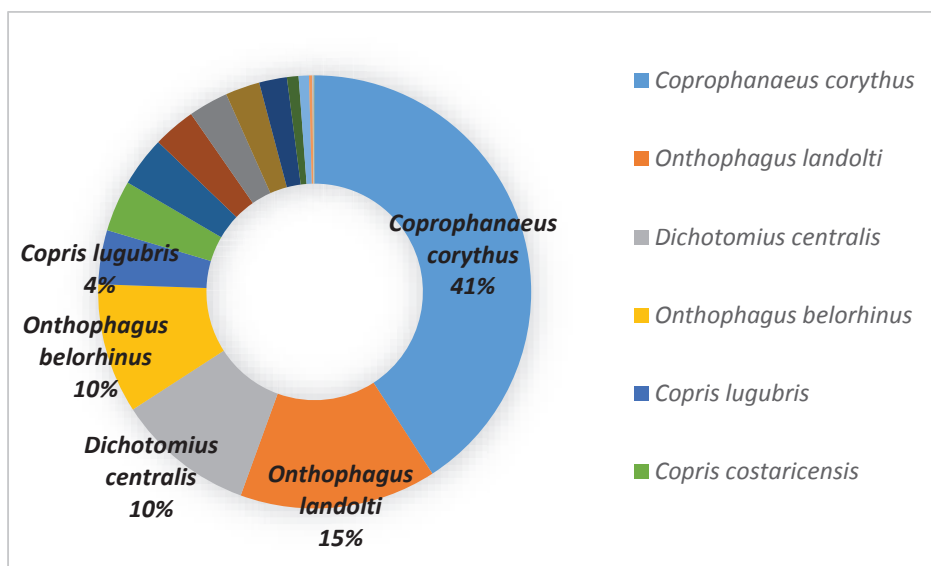


Fig. 41. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en La Timbona.

Tabla 9. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados La Timbona.

Estimador	ACE	Chao 1	Jack 2
Número de especies esperadas	27.48	33.99	27.46
Porcentaje de representatividad	69.14 %	55.90 %	69.19 %

Cerro Largo (Nada paso de personas).

Riqueza

Se colecto un total de 12 especies, de las cuales 6 (50 %) fueron colectadas en ambos cebos, 5 (41.67 %) sólo en excremento (ce) y 1 (8.33 %) sólo en carroña de pollo (cc): *C. pseudopuncticolle* (ce, cc), *C. femoralis* (ce), *C. costaricensis* (ce, cc), *C. corythus* (cc), *D. yucatanus* (ce), *E. magnus* (ce), *O. batesi* (ce), *O. belorhinus* (ce, cc), *O. landolti* (ce, cc), *P. endymion* (ce, cc), *P. wagneri* (ce), *Uroxys* (ce, cc).

Individuos colectados.

Se colectaron un total de 2071 individuos (20.61 % del total de individuos colectados) de los cuales 2006 (96.86 %) se colectaron en excremento y 65 (3.14 %) en carroña de pollo.

Abundancia relativa.

Las cinco especies que presentaron mayor abundancia relativa fueron: *O. landolti* (65.44 %), *Uroxys* (13.92 %), *C. femoralis* (11.89 %), *O. belorhinus* (3.09 %), y *C. pseudopunticolle* (2.90 %) (Fig. 42).

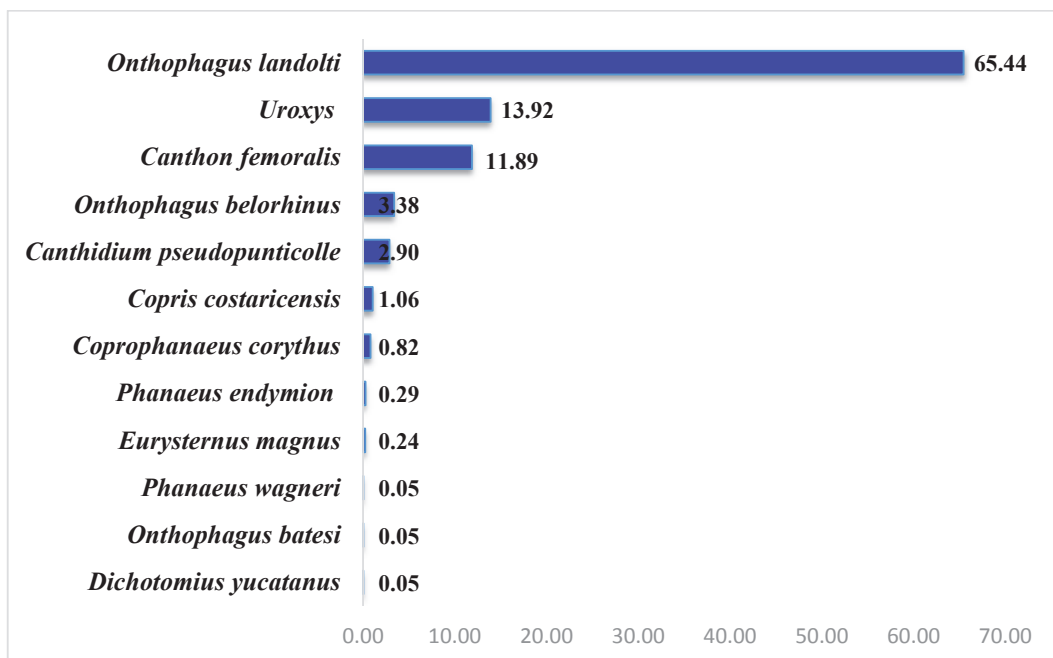


Fig. 42. Abundancias relativas de los escarabajos colectados en el Cerro Largo.

Cebos.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en excremento fueron: *O. landolti* (66.45 %), *Uroxys* (13.96 %) y *C. femoralis* (12.26 %).

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa en carroña de pollo fueron: *O. landolti* (33.33 %), *C. corythus* (26.98 %), *O. belorhinus* (17.46 %) y *Uroxys* (12.70 %).

Biomasa.

Se obtuvo un total de 13.68 gramos de biomasa (peso seco) de los escarabajos, de los cuales 6.97 g (50.95 %) pertenecieron a *C. corythus* , 3.05 g (22.32 %) a *O. landolti*, 1.02 g (7.43 %) a *C. femoralis*, 0.68 g (4.96 %) a *C. costaricensis* y 0.64 g (4.69 %) a *P. endymion* (Fig. 43).

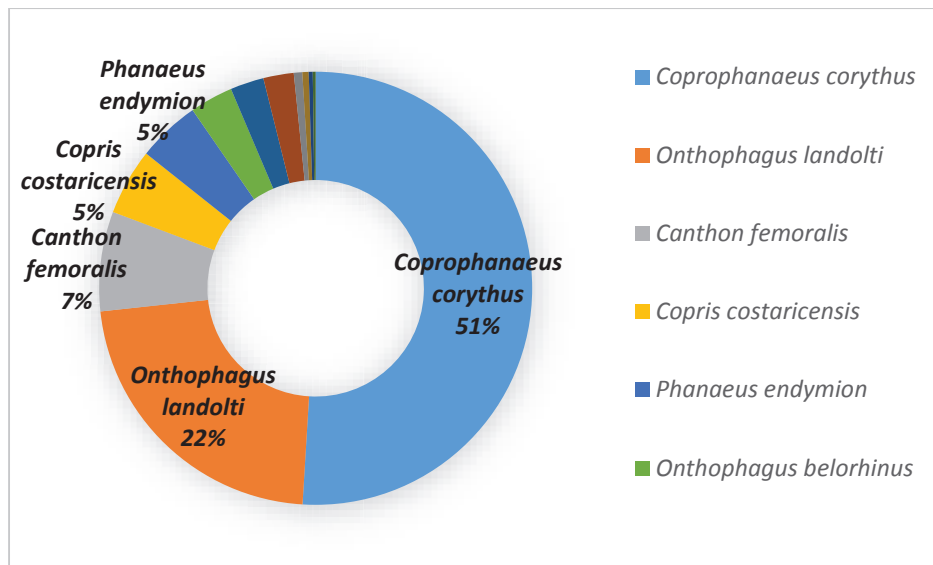


Fig. 43. Biomasa relativa de los escarabajos colectados en el Cerro Largo.

Diversidad y equitatividad

El índice de Shanon calculado para el sitio es $H= 1.16$ y el valor de equitatividad es del 47 %.

Estimadores de riqueza de especies.

El número de especies estimadas y el porcentaje de especies capturados en el Cerro Largo se refleja en la Tabla 10.

Tabla 10. Especies estimadas y porcentaje de especies capturados La Timbona.

Estimador	ACE	Chao 1	Jack 2
Número de especies esperadas	13.94	12.99	13.93
Porcentaje de representatividad	86.08 %	92.38 %	86.15 %

Comparaciones.

Riqueza

Índices de similitud (Totales).

Los valores del índice de Jaccard y del índice de Simpson se resumen en las tablas 11 y 12.

Índice de Jaccard

Tabla 11. Índice de similitud de Jaccard.

Jaccard	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	1	0.88	0.75	0.56
Medio	0.88	1	0.67	0.65
Poco	0.75	0.67	1	0.55
Nada	0.56	0.65	0.55	1

Índice de Simpson

Tabla 12. Índice de similitud de Simpson.

Simpson	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	1	0.94	0.94	0.83
Medio	0.94	1	0.88	0.92
Poco	0.94	0.88	1	0.92
Nada	0.83	0.92	0.92	1

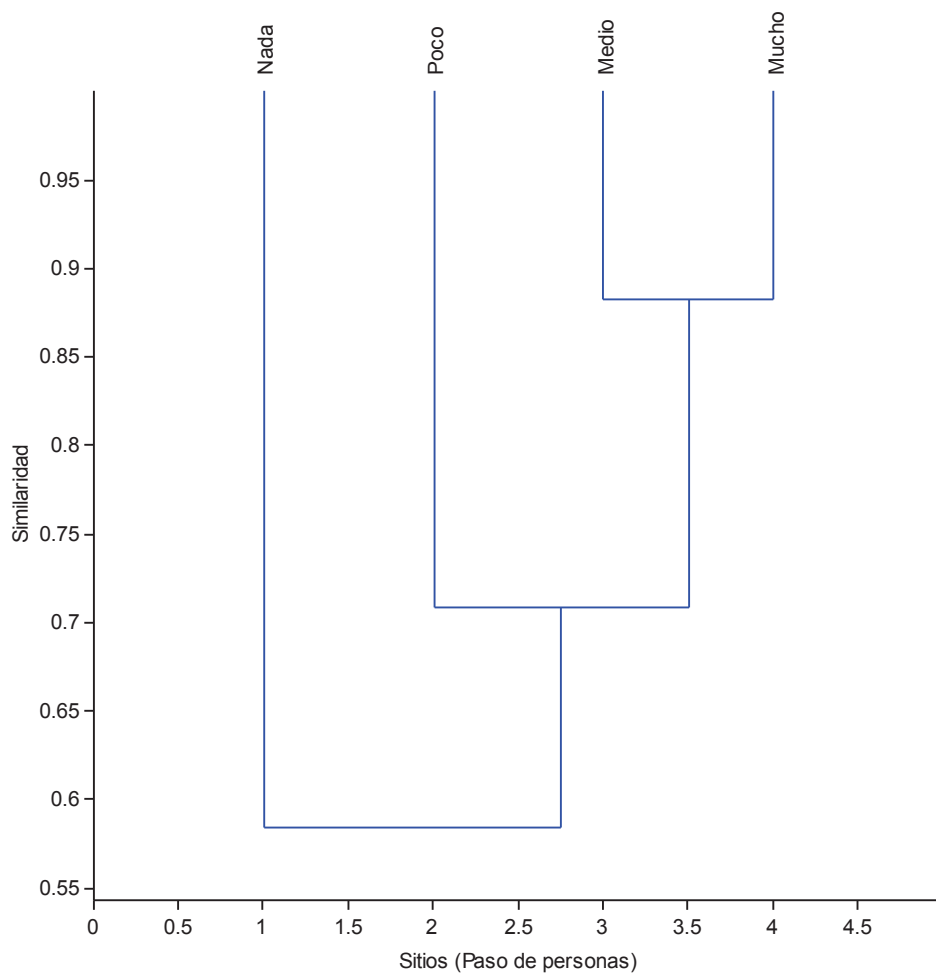


Fig. 44. Dendrograma de los valores del índice de similitud de Jaccard

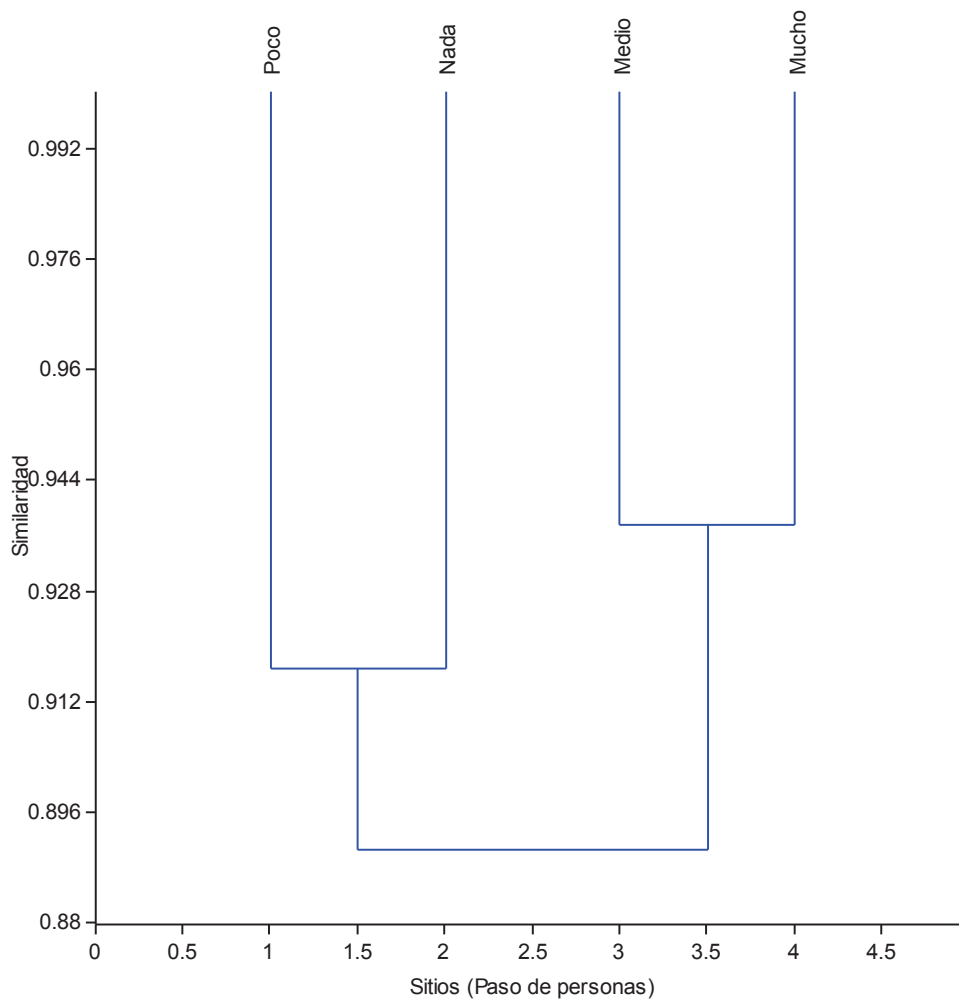


Fig. 45. Dendrograma de los valores del índice de similitud de Jaccard

Diferencias en la riqueza debido al paso de personas.

Las variables inclinación, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura y mes no explicaron variación en la riqueza de scarabaeinae. Si lo hizo la variable paso de personas ($F=4.376$, $p=0.0048$) (Tabla 13) (Fig. 46).

Tabla 13. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.

Fisher LSD	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	-	0.2567	0.0256	0.2570
Medio	0.2567	-	0.2467	0.0203
Poco	0.0256	0.2467	-	0.0007
Nada	0.2570	0.0204	0.0007	-

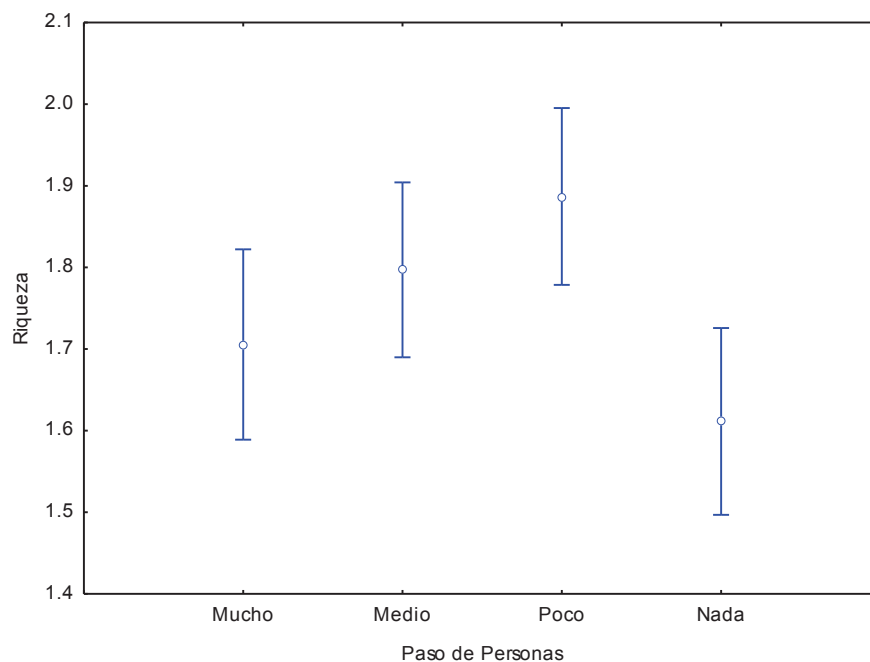


Fig. 46. Análisis de varianza de la riqueza de Scarabaeinae obtenida en los cuatro sitios de muestreo.

Abundancias

Las variables inclinación, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura y mes no explicaron variación en las abundancias de Scarabaeinae. Si lo hizo la variable paso de personas ($F=6.4330$, $p=0.0032$) (Tabla 14) (Fig. 47).

Tabla 14. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.

Fisher LSD	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	-	0.0067	0.0004	0.0817
Medio	0.0067	-	0.2508	0.2485
Poco	0.0004	0.2508	-	0.0279
Nada	0.0818	0.2484	0.0279	-

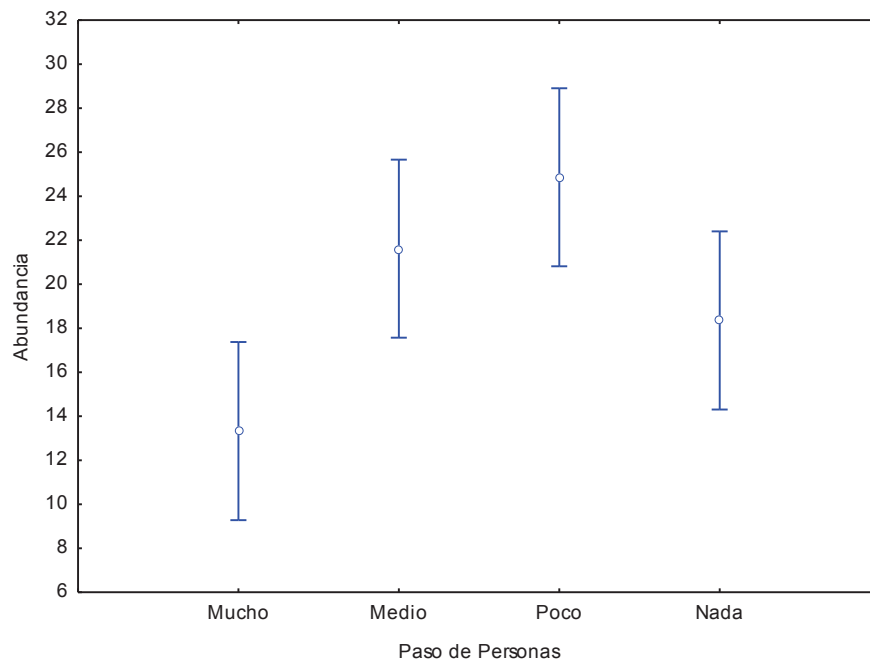


Fig. 47. Análisis de varianza de la abundancia Scarabaeinae obtenida en los cuatro sitios de muestreo.

Diversidad

La variable paso de personas explicó variación en la diversidad de Scarabaeiane ($W=0.9873$, $p=0.9041$), ($F=3.3117$, $p=0.0230$). Pero ningún post-hoc fue capaz de identificar las diferencias.

Además se calculó la curva de rarefacción para comparar la diversidad (Fig. 48)

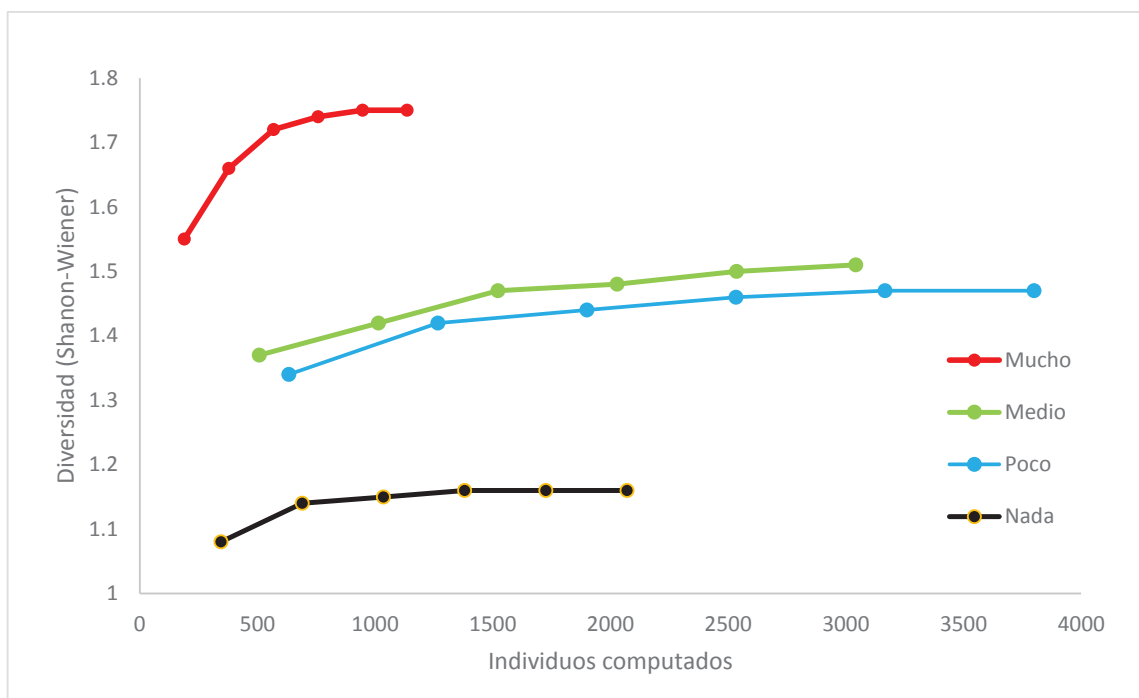


Fig. 48. Curva de rarefacción obtenida a partir de la diversidad registrada en cada uno de los sitios.

Diferencias en la equitatividad debido al paso de personas.

Las variables altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura y mes no explicaron variación en la equitatividad de especies ($W=0.9875$, $p=0.9103$). Si lo hizo, la variable paso de personas ($F=3.5892$, $p=0.0220$) y la variable inclinación ($F=8.8618$, $p=0.0050$). La variable inclinación fue fijada como covariable a un valor de: 23.8182 grados. Sin embargo Fisher LSD no fue capaz de identificar donde estaban las diferencias significativas

Biomasa

La variable paso de personas no explicó variación en la biomasa ($W=0.9697$, $p=0.2463$) de los escarabajos colectados ($F=1.9003$, $p=0.1435$). Pero se observó una tendencia a aumentar, cuando la perturbación lo hacía (Fig. 49 y Fig. 50).

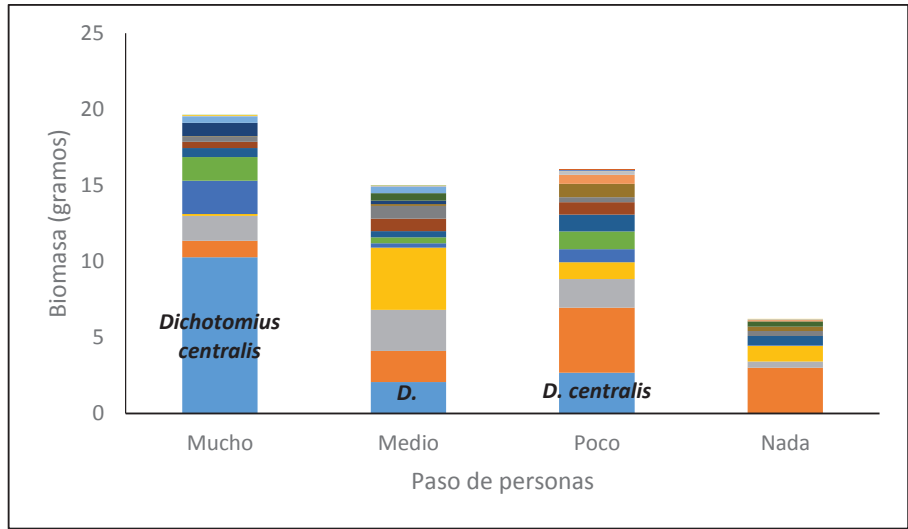


Fig. 49. Biomasa registrada en excremento en cada uno de los sitios muestreados.

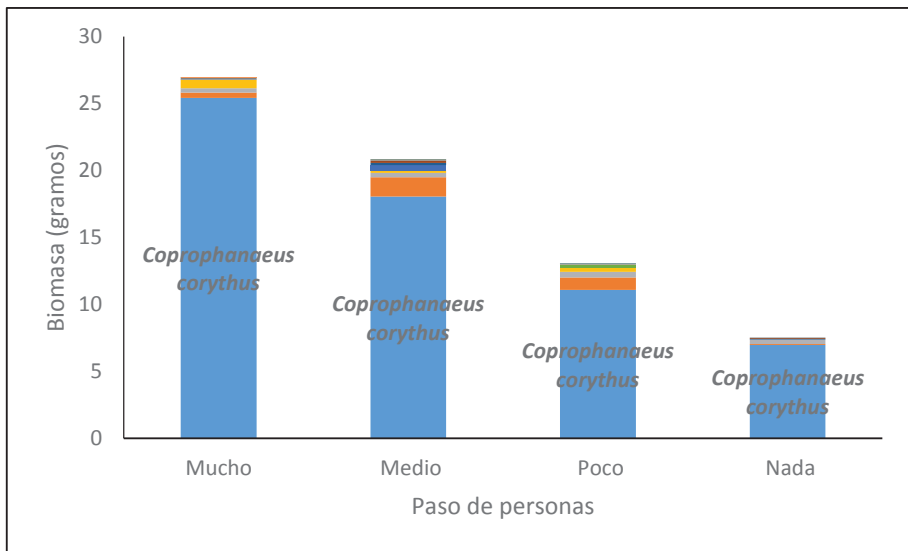


Fig. 50. Biomasa registrada en carroña de pollo en cada uno de los sitios muestreados.

Diferencias en la abundancia de *Onthophagus landolti* debido al paso de personas.

La abundancia de *O. landolti* no fue afectada por el paso de personas (F=0.3412, p=0.7956).

Diferencias en la biomasa (en excremento) de *Onthophagus landolti* debido al paso de personas.

La biomasa de *O. landolti* ($W=0.97090$, $p=0.6893$) fue afectada por el paso de personas ($F=4.6043$, $p=0.0132$) (Tabla 15) (Fig. 51).

Tabla 15. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.

Fisher LSD	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	-	0.2227	0.0021	0.0261
Medio	0.2227	-	0.0339	0.2664
Poco	0.0021	0.0339	-	0.2705
Nada	0.0261	0.2664	0.2705	-

Diferencias en la biomasa (en carroña) de *Coprophanaeus corythus* debido al paso de personas.

La biomasa de *C. corythus* ($W=0.8993$, $p=0.7817$) no fue afectada por el paso de personas ($F=1.1974$, $p=0.3524$) en la carroña.

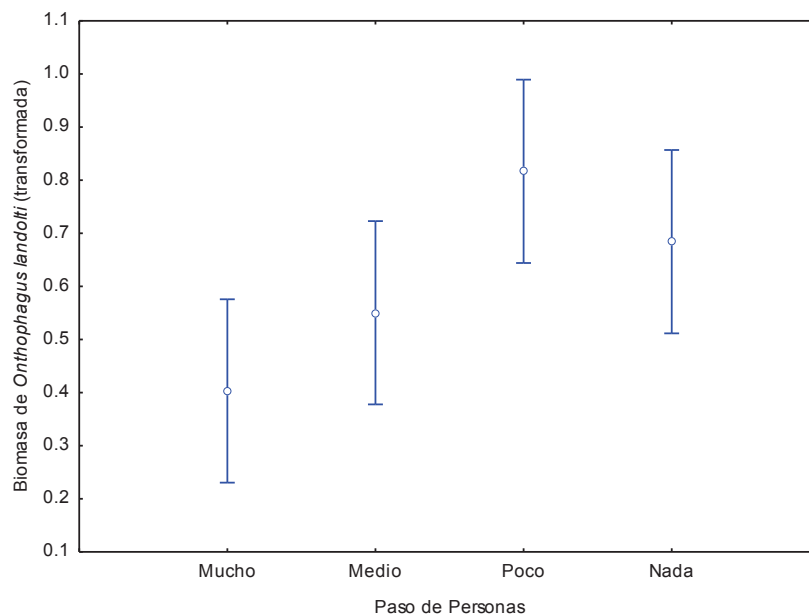


Fig. 51. Análisis de varianza de la biomasa de *O. landolti* obtenida en los cuatro sitios de muestreo.

Gremios: Tuneleros.

La diversidad de los escarabajos tuneleros ($W=0.9683$, $p=0.6254$), fue afectada por el paso de personas ($F=4.4017$, $p=0.0156$) (Tabla 16) (Fig. 52)

Tabla 16. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.

Fisher LSD	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	-	0.1191	0.1241	0.0017
Medio	0.1192	-	0.9821	0.0598
Poco	0.1241	0.9822	-	0.0572
Nada	0.0017	0.0598	0.0572	-

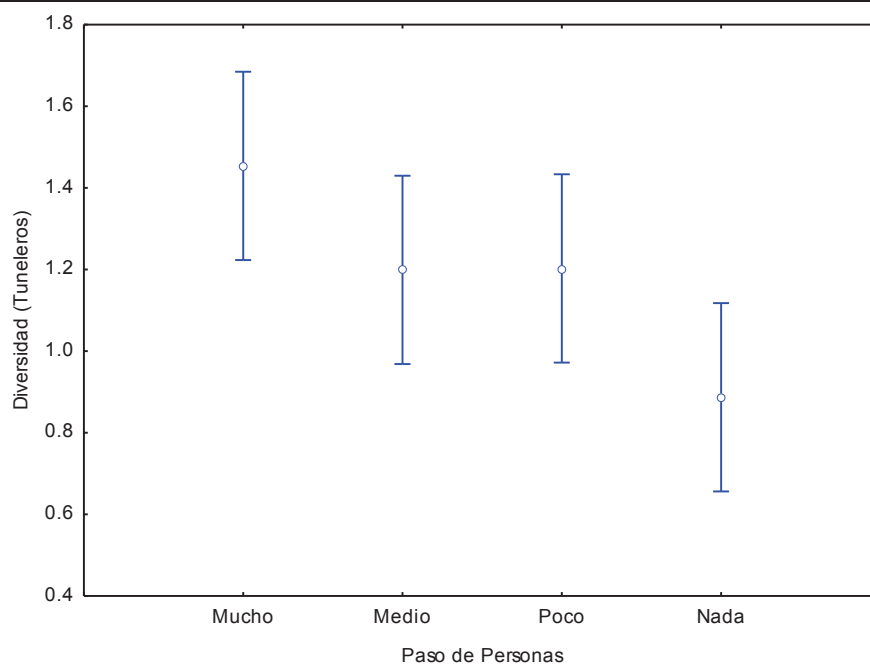


Fig. 52. Análisis de varianza de la biomasa de la diversidad de tuneleros obtenida en los cuatro sitios de muestreo.

La equitatividad de los escarabajos tuneleros ($W=0.9542$, $p=0.3325$), fue afectada por el paso de personas ($F=3.5089$, $p=0.0342$) (Tabla 17) (Fig. 53).

Tabla 17. Análisis Post-hoc: Fisher LSD.

Fisher LSD	Mucho	Medio	Poco	Nada
Mucho	-	0.0562	0.0278	0.0058
Medio	0.0562	-	0.7337	0.3004
Poco	0.0278	0.7337	-	0.4810
Nada	0.0058	0.3004	0.4810	-

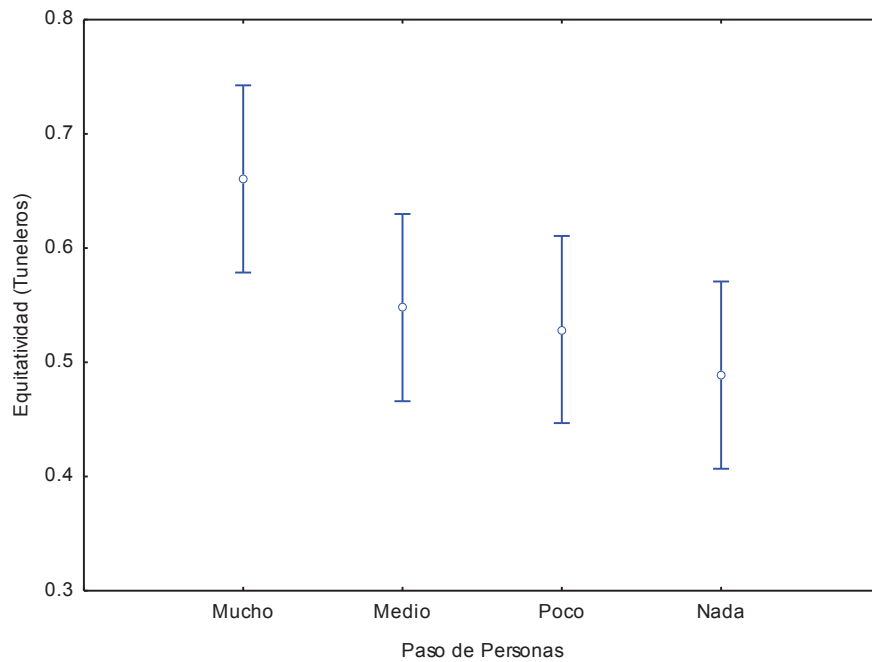


Fig. 53. Análisis de varianza de la biomasa de la equitatividad de tuneleros obtenida en los cuatro sitios de muestreo.

Gremios: Rodadores.

La diversidad de los escarabajos rodadores ($W=0.8573$, $p=0.1432$), no fue afectada por el paso de personas ($F=5.3404$, $p=0.0742$).

La equitatividad de las especies de escarabajos rodadores ($W= 0.8880$, $p=0.2641$), no fue afectada por el paso de personas ($F=3.9791$, $p=0.1119$)

6. DISCUSIÓN

La riqueza de Scarabaeinae en bosques tropicales secos es bastante menor en comparación con otros ecosistemas como el bosque húmedo trópic (Estrada y Coates-Estrada 2002, Avendaño-Mendoza et al. 2005) o bosques nubosos (Creedy y Mann 2011). Este tipo de ecosistemas han sido detectados como uno de los más amenazados en el neotrópico, entre otras cosas porque están permanentemente en peligro de convertirse en sembradíos, pastizales para ganado, ser alcanzado por quema irresponsable o la extracción desmedida de madera (Barrance et al. 2009 y referencias ahí). La riqueza del sitio es similar e incluso mayor a otros bosques secos tropicales latinoamericanos (Andresen 2007, Barraza et al. 2010), aunque en algunos casos ésta es menor (Arellano et al. 2008, Martínez et al. 2010), e incluso cuando se estima la riqueza posible del sitio, ésta sería menor a lo registrado en estos estudios. Lo anterior podría deberse a que las especies presentes en el sitio están ya establecidas y no permiten la entrada de especies colonizadoras o inmigrantes (Amézquita et al. 1999), siendo las encontradas en su mayoría nativas del bosque, sumado a la ausencia de especies especialistas de áreas abiertas e invasoras, como: *Eouniticellus intermedius* y *Digitonthophagus gazella*, las cuales han sido reportados en bosques similares (Andresen 2007, Fuentes 2008).

Lo anterior podría ser discutido por la mayor abundancia relativa presentada por *O. landolti*, una especie eurotópica o generalista que presenta un amplio rango de tolerancia. Este tipo de especies han sido propuestas para informar acerca del estado de perturbación de los bosques (Bustos-Gómez y Lopera 2003). Las altas abundancias de esta especie podrían indicar cierto grado de perturbación que el sitio tuvo en el pasado, debido a la presencia de cafetales o cultivos en ciertas partes del parque.

El gremio de los tuneleros superó al de los rodadores en riqueza en una proporción de 3 a 1 y en abundancia en una proporción de 5 a 1. La mayor abundancia de los tuneleros puede deberse al tipo de suelo poco compacto y granuloso del sitio que se ve favorecido por las torrenciales lluvias que caen en época lluviosa, lo anterior cambia radicalmente en época seca por lo cuál puede ser importante observar el comportamiento de los gremios de Scarabaeinae, en dicha época (observación personal).

El gremio de los rodadores fue representado casi en su totalidad por los Deltochilini, los cuales están adaptados a volar y rolar el recurso desde distancias grandes (Da Silva 2011). Entre estos, la especie con mayor éxito en el sitio fue *C. femoralis*, especie típica de bosque (Rivera-Cervantes y Halffter 1999, Estrada y Coates-Estrada 2002) y aunque ha sido asociada a excremento de monos tiene un amplio rango de preferencias, y se le ha catalogado como especie oportunista, debido a su plasticidad a la hora de aprovechar el recurso (Rivera-Cervantes y Halffter 1999).

La abundancia de escarabajos registrada en excremento fue casi diez veces mayor a la que se registró en carroña. Hanski y Camberfort (1991), mencionan que algunos tipos de excremento son más fáciles de detectar que otros, lo cuál es el caso del excremento humano, gracias a la característica odorífica de este, que sobrepasa el olor del excremento que se encuentra naturalmente en el bosque (Noriega y Fagua 2009), lo que representó un “festín” imperdible para los individuos atraídos, incluso más que la carroña colocada.

La mayoría de especies que pudieron clasificarse fueron coprófagas, lo que puede explicarse en base a que la disponibilidad de excremento en el sitio es más abundante y se mantiene constante en el tiempo y el espacio (Hanski y Camberfot 1991) de lo que lo hace, la carroña. Además en su mayoría, el cebo carroña fue encontrado mordido y en algunas ocasiones ausentes, lo cual pudo disminuir la capacidad atrayente del recurso por no ser lo suficientemente grande o por ausencia de este.

La relación entre la cantidad de precipitaciones y la efectividad de las trampas usualmente está negativamente correlacionadas (Martínez et al. 2010), en el sitio las abundancias obtenidas en el cebo excremento fueron independientes de la cantidad de precipitaciones registradas, lo cual puede deberse a que la cantidad de lluvias son suficientes para mantener el recurso lo suficientemente hidratado, evitando la desecación y manteniendo la capacidad odorífica de éste. La efectividad de las trampas no se vio afectada por las lluvias, lo cual puede deberse a la cobertura vegetal que disminuye el impacto de ésta, además de la cobertura que se le dio a las trampas. En vez de verse afectada, las abundancias con el cebo carroña estuvieron fuertemente relacionadas con la cantidad de precipitaciones, lo cual puede deberse a que las fuertes lluvias interfirieron en la actividad de los mamíferos y/o aves de rapiña que sustraían el recurso, y por lo tanto tuvieron una mayor efectividad a la hora de atraer escarabajos.

Onthophagus landolti, es una especie que tiene un amplio rango de preferencias alimenticias, desde excremento de vaca (Howden y Cartwright 1963, Kolhman y Solís, 2001), caballo (Howden y Cartwright 1963, Kolhman y Solís, 2001) y humano (Kolhman y Solís, 2001). Tiene un amplio tolerancia ecológica, ya que es una especie abundante en áreas tropicales y subtropicales debajo de los 1500 msnm (Kolhman y Solís, 2001, Andresen 2007, Basto-Estrella

et al. 2012) que puede encontrarse desde potreros en bosque seco (Basto-Estrella *et al.* 2012), fragmentos híper perturbados de bosque sub húmedo (Reyes-Novelo *et al.* 2007), hasta bosque tropical lluvioso (Avendaño-Mendoza *et al.* 2005) donde es menos abundante.

En general en un bosque tropical seco, es importante que los excavadores hallen rápidamente el excremento pues se deseca con facilidad (Hanski y Camberfot 1991). En el desarrollo de esta investigación individuos de *O. landolti* fueron observados al menos en tres ocasiones, arribar al cebo a pocos segundos que se había activado la trampa, lo cual puede significar que esta especie demuestra cierta eficacia al localizar el recurso en el sitio. A esto pudo contribuir la altura a la que estaban colocados los cebos (20 cm de altura), ya que ha sido observado que las especies de tamaño pequeño perchan a alturas más cercanas al suelo (Howden y Nealis 1978), para tener mayor capacidad de encontrarlo que otras que perchan a mayor altura. Lo anterior puede explicar las grandes cantidades de individuos colectados (4716 individuos, 46.93%) y se podría inferir que esta especie es la que tiene un mayor éxito competitivo a la hora de localizar y recolectar los recursos.

Del porcentaje de similitud obtenido en el índice de Simpson (0.83), se puede inferir que los cuatro sitios muestreados tienen una estructura de escarabajos homogénea y que las especies presentes en cada uno de los sitios, tienen abundancias relativas similares. Por lo cual puede asumirse que la perturbación generada por el paso de personas, no influye directamente en delimitar las especies que dominan en cada uno de los sitios, pero sí en las proporciones en la que éstas lo hacen ya que se observó una disminución en las abundancias relativas de la especie que dominó las abundancias relativas (mucho: 42.96%, medio: 32.17%, poco: 49.87%, nada: 65.44%), lo cual se discute más adelante.

Mientras que el porcentaje de similitud de Jaccard, que está basado en la riqueza de especies compartidas, separó claramente a los sitios con acceso turístico de los otros dos sitios. Resaltan las diferencias entre los sitios con poco y mucha perturbación ($p= 0.0256$); y las diferencias entre el sitio con nada de perturbación y el sitio con media (0.0203) y poca perturbación (0.0007), lo que puede ser explicado por la inclinación del terreno donde estaban colocadas las trampas que varió significativamente entre este sitio (nada de perturbación) y los otros tres (nada: 48.45° , poco: 4.75° , medio: 19° , mucho: 25.25°).

Actualmente las variables que han demostrado ser factores importantes que determinan la composición, abundancia y riqueza de los ensamblajes de Scarabaeinae son la cobertura vegetal, elevación del ecosistema, estructura física del ecosistema, incluso se ha llegado a considerar a la cobertura vegetal más importante que la disponibilidad de excremento (Halfpter y Arellano 2002). En el presente estudio una variable (inclinación del terreno), que no ha sido tomada en cuenta hasta el momento, estadísticamente explicó variación en la equitatividad de los sitios, y aunque estadísticamente no afectó la diversidad y la riqueza, en opinión del autor esta variable debería ser tomada en cuenta en futuras investigaciones, pues se observó que el sitio con mayor inclinación en el lugar que fueron colocadas las trampas, reportó una menor riqueza y menor diversidad que los otros sitios lo que se vio claramente reflejado en la riqueza del gremio de los rodadores, ya que en dicho lugar, sólo se registró una especie perteneciente a este gremio, mientras que en los otros sitios, el número rondó entre las dos (en el segundo sitio con mayor inclinación de terreno) y cinco especies. Esta inclinación podría afectar el paso de mamíferos por los sitios y por ende la disponibilidad de recurso como excremento.

La menor abundancia de escarabajos en el lugar más perturbado coincide con lo encontrado en otro estudio (Vidaurre et al. 2008). La menor abundancia de scarabaeinae supone una menor cantidad de excremento removido (Andresen 2003) y podría representar que en el sitio existe una menor cantidad de excremento de mamíferos nativos del bosque disponible para ser removido significando una menor cantidad de vertebrados superiores debido al ecoturismo, lo que ha sido observado en otros estudios (Lira y Naranjo 2003, Lira et al. 2004).

La perturbación causada por el paso de personas podría funcionar como una fuente de heterogeneidad e influyó en la diversidad de los escarabajos presentes en los cuatro sitios, la que aumentó mientras la perturbación aumentaba. Lo anterior puede explicarse según la teoría del disturbio intermedio, propuesta por Connell (1978), la cual establece, que a disturbios intermedio aumenta la diversidad. En el sitio con nulo paso de personas, el sistema podría haber alcanzado un estado de equilibrio, de tal manera que una especie competitivamente superior se ha visto beneficiada al ser la mejor en explotar una subdivisión particular del hábitat, el excremento (Connell 1978). En este estado de equilibrio, una o varias especies que tienen mayor éxito al recolectar un recurso específico (excremento) dominan a las demás especies ya que no hay ningún tipo de disturbio que cambie esa situación mientras que en un ecosistema con un disturbio intermedio (en este caso el ecoturismo) influye de tal manera en el ensamblaje, que la dominancia de estas especies se ve disminuida, en pro de otras especies que aprovechan el cambio en el ecosistema (perturbación) para elevar su capacidad de utilizar el recurso. Esto explica que en el sitio, *O. landolti* presentó la mayor abundancia relativa de los cuatro sitios muestreados (65.44 %). Mientras que a medida la perturbación aumentó, este estado de equilibrio, pudo irse desestabilizando, lo cual se ve reflejado en la disminución de la abundancia relativa de *O. landolti*, dando oportunidad que otras especies también fueran abundantes,

reflejándose en los valores de equitatividad de los sitios (mucho: 63%, medio: 54%, poco: 50%, nada: 47%) ($F=3.5892$, $p=0.0220$).

Lo anterior está claramente en contradicción a lo observado en otros estudios (Escobar 1997, Scheffler 2005, Andresen 2007), quienes encontraron que a medida la perturbación aumentaba la equitatividad disminuía, e incluso propusieron esta tendencia como indicador de perturbación en los paisajes. Lo obtenido en este estudio y en otro similar (Otavo *et al.* 2013), podría significar un punto de inflexión para cuestionarse si dicha tendencia podría ser considerada como indicador de perturbación.

Aunque hubo una clara tendencia de la equitatividad a declinar a medida la perturbación baja, es claro que los cuatro sitios muestreados tienen valores bajos de esta variable, evidenciando la clara dominancia de una especie (Cerro Largo) o grupo de especies (Mulo, Dávila y Timbona), lo cual es la estructura básica de un ensamblaje de Scarabaeinae (Estrada y Coates-Estrada 2002, Andresen 2007), donde pocas especies abundan sobre un grupo de especies poco abundantes o raras.

Las dos especies con mayor biomasa individual colectadas fueron *C. corythus* y *D. annae* con 0.41 gramos cada uno, pero la más abundante fue *C. corythus*, representando más biomasa (63.55 g, 51%). Esta especie podría ser considerada como una especie clave para el sitio, si tomamos como base el tamaño y las funciones que está puede realizar, ya que el tamaño de los escarabajos coprófagos está relacionada con la cantidad de materia orgánica y nutrientes que es capaz de incorporar al ciclo de nutrientes (Doube 1990), aumentando la capacidad productiva del suelo debido a sus galerías subterráneas que contribuyen más a la aireación e hidratación de

este y ayuda a controlar una cantidad mayor de moscas (Doube 1990). Si se toma como parámetro lo expresado en la tabla 2, un solo individuo (*C. corythus*) remueve más del doble de materia en descomposición de lo que remueve un individuo de *D. centralis* y ciento ochenta veces lo removido por un solo individuo de *O. landolti* y aporta todos los beneficios expresados arriba. Además por su carácter excavador, este remueve una cantidad mayor de materia orgánica de lo que removería un escarabajo de similar biomasa, del gremio de los rodadores (Hanski y Camberfort 1991).

En las observaciones hechas en el sitio, se pudo constatar que las especies de mamíferos tenían una distribución homogénea en el sitio, aunque eran menos fáciles de observar en el sitio con mayor perturbación, lo que coincide con lo obtenido en varios estudios, donde las cantidades de avistamiento disminuían en los lugares abiertos al turismo (Chester 1976, Lira y Naranjo 2003, Lira et al. 2004). Dos especies fueron observadas con regularidad los sitios con acceso turístico (además de los otros dos sitios), el pezote (*Nasua narica*) y el cusuco (*Dasybus novemcinctus*). El excremento producido por estos mamíferos, podría representar el recurso suficiente para los Scarabaeinae del lugar y de esta forma la biomasa de escarabajos asociada, no se vería afectada. Esto podría deberse, a la dieta omnívora del pezote, el cual produce un excremento potencialmente de mejor calidad, que el producido por los herbívoros (Hanski y Camberfot 1991) por el cual los escarabajos muestran una mayor preferencia (Bustos-Gómez y Lopera 2003). Estos compensarían la poca cantidad de excremento presente en el sitio, brindándoles excremento de calidad a sus crías (Hanski y Camberfot 1991).

Esto podría deberse, a la dieta omnívora del pezote, el cual produce un excremento potencialmente de mejor calidad, que el producido por los herbívoros (Hanski y Camberfot 1991) por el cual los escarabajos muestran una mayor preferencia (Bustos-Gómez y Lopera 2003). Estos compensarían la poca cantidad de excremento presente en el sitio, brindándoles excremento de calidad a sus crías (Hanski y Camberfot 1991). En el caso del cusuco, su dieta podría incluso ayudar a explicar la biomasa de escarabajos necrófagos en el sitio, ya que este tipo de excremento está compuesto en su mayoría por restos de insectos, ranas y reptiles (Davis 1974), lo cual podría significar un excremento de carácter “híbrido” beneficiando ambas, la biomasa de coprófagos y necrófagos.

Si lo anterior es cierto, podría indicar que ambas especies de mamíferos se habrían adaptado a la perturbación causada por el paso de personas en el sitio, lo cual ha sido observado por Hidinger (2007), quien registro que el pezote es una especie altamente adaptable a los humanos, llegando incluso a rogar por alimento a los turistas. A lo anterior se suma lo observado por Velado-Cano (en preparación) quien encontró que en el lugar, estos mamíferos tiene una distribución fuertemente relacionada a la disponibilidad de alimento y les es indiferente el utilizar áreas con acceso turístico o sin este.

Otra explicación podría radicar en que las especies de mamíferos utilizarían los sitios con acceso a turistas, como una válvula de escape de los depredadores que evitan llegar a estos lugares (Hidinger 2007), lo cual ha sido sugerido como una posible explicación de que la biomasa de algunos mamíferos aumente en los sitios con mayor acceso de turistas en relación con las áreas sin acceso (Griffits y Van Schaik 1993).

D. centralis, fue la especie que más biomasa relativa representó en excremento, la cual ha sido descrita como una especie propia del bosque, (Kohlmann y Solís 1997), pero que ha demostrado ser una especie altamente tolerante a las perturbaciones causadas por la fragmentación y pérdida del hábitat original (Horgan 2008). En el presente estudio, la biomasa representada por esta especie, condicionó la tendencia de la biomasa a aumentar según aumentaba la perturbación., aunque estadísticamente no fue significativamente diferente ($F=1.9003$, $p=0.1435$).

Esta tendencia podría ser explicada por lo observado, en varias ocasiones después que un grupo grande de personas transitara por el sitio con mayor perturbación. Se observó un buen grupo de perros, de los caseríos aledaños al parque, buscando sobras dejados por los visitantes, lo cual podría propiciar una cantidad de excremento extra, no producido por los mamíferos nativos del sitio. Esta cantidad de excremento no nativo puede beneficiar la abundancia de una especie con altas necesidades de recurso (debido a su biomasa) “se anime” a utilizar este tipo de excremento, ya que se sabe que esta especie puede adaptarse a utilizar recursos no nativos del bosque (Bustos-Gómez y Lopera 2003).

En los sitios con acceso turístico fueron observados cadáveres de mamíferos con frecuencia, lo cual coincide con lo propuesto por varios autores (Wall y Wright 1997, Knight y Cole 1995a), entre otros, que consideran la muerte de la vida silvestre como consecuencia del ecoturismo, y podría explicar la mayor biomasa de escarabajos carroñeros a medida la perturbación aumentaba.

Las diferencias entre sitios con diferente grado de paso de personas no fueron tan abismales, como las diferencias en número de personas que transitan cada sitio. Lo anterior corrobora con lo expresado por Kuss *et al.* (1990) que expresan que no hay una relación uniforme entre la cantidad de uso recreativo y los indicadores del impacto del número de personas que usan una determinada área. Además menciona que esta variable juega un papel muy leve en impactar la vida silvestre, lo que no concuerda en su totalidad con lo encontrado en este trabajo, pues la riqueza de especies y la abundancia se vieron claramente afectadas por esta variable. Para estos autores, variables como la frecuencia del uso, el tipo de uso y la conducta de los visitantes son más importantes en condicionar la estructura y composición de la vida silvestre, que la variable considerada en este estudio.

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio constituyen un valioso aporte al conocimiento de la entomofauna del país, aportando el reporte de seis nuevas especies a la riqueza de escarabajos coprófagos de El Salvador.

La poca presencia de especies especialistas de áreas abiertas, podría indicar la efectividad del área de amortiguamiento al evitar que este tipo de especies penetren al interior del parque.

El número de unidades de muestreo utilizadas (80 trampas, 20 por sitio de muestreo) y la distribución espacial de estas fue lo suficientemente efectiva para coleccionar la mayoría de especies de escarabajos coprófagos y necrófagos estimadas para los sitios (entre el 86 y 95 %).

El excremento humano demostró ser un excelente atrayente para los coprófagos presentes en los cuatro sitios de muestreo, y aunque la carroña de pollo no atrajo la misma abundancia de escarabajos, si atrajo especies que el excremento no pudo o que le hizo en menor cantidad, incluida *C. corythus* la especie que represento la mayor cantidad de biomasa, por lo que este cebo podría considerarse como complementario al excremento.

La biomasa presentada por *C. corythus*, el gremio al que pertenece (lo que implica su forma de recolectar el recurso) y la poca abundancia de esta en el sitio, la convierten en una especie de gran importancia a la hora de realizar su función dentro del ecosistema, pudiendo incluso considerarse como especie clave en el sitio a la hora de desempeñar su nicho ecológico.

La cantidad de personas que pasan por un sitio influye en la riqueza y la abundancia de los escarabajos coprófagos y necrófagos. Y además causó variación en la diversidad, lo que implicaría que esta variable es capaz de alterar el estado de equilibrio en el que un ecosistema sin perturbación (en este caso ecoturismo) se encuentra.

De acuerdo a los resultados obtenidos se podría inferir que la capacidad de carga del sitio no ha sido sobrepasada por la cantidad de personas que lo utilizan, además el tipo y la frecuencia de visitas al sitio podrían considerarse “amigables con el medio ambiente y la vida silvestre”, premisa principal del ecoturismo. Aunque debería tomarse muy en cuenta, la disminución de especies en el sitio con mayor paso de personas, lo cual podría significar un punto de inflexión, para efectos de la conservación del área.

En general los resultados obtenidos resaltan la importancia del parque para albergar especies que no se han encontrado en otros sitios de El Salvador y resalta la necesidad de cuidarlo, protegerlo y preservarlo para futuras generaciones.

8. RECOMENDACIONES

Debido a la estacionalidad que presenta El Imposible, se recomienda el estudio de la composición del ensamblaje de Scarabaeinae en época seca y su respuesta al ecoturismo, para conocer el comportamiento de esta variable en dicha época.

Se recomienda la implementación del tipo de trampa utilizado, su disposición espacial y el número de trampas para futuras investigaciones con Scarabaeiane. Es altamente recomendable que el número de ejecutantes en campo debería ser como mínimo, tres personas, y evitar la sobrecarga de trabajo físico.

Se recomienda que el cebo carroña se utilice como un cebo complementario para la captura de Scarabaeinae, pero en caso no se cuente con suficiente apoyo logístico, las trampas cebadas con excremento humano colectarán buena parte de las especies presentes.

Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas a la entomofauna dentro del lugar, especialmente con las familias de Staphylinidae y Cerambycidae (entre otras), pertenecientes al orden Coleoptera, puesto se observó una gran riqueza de especies dentro del parque.

Sería de gran importancia para propósitos de conservación del sitio que se realizarán muestreo de coprófagos en las afueras del parque y en el área de amortiguamiento de este, para constatar si existe un alto recambio de especies o se conserva estable la composición.

Se recomienda el empleo de un mayor número de guarda recursos en el área, pues el personal que existía cuando se realizó la presente investigación, no era ni el suficiente para patrullar la gran extensión del sector, evidenciándose en los persistentes problemas de cacería y pesca ilegal dentro del parque, lo cual a la larga puede causar una presión significativa en la fauna que habita uno de los últimos pulmones boscosos que queda en El Salvador.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, J.M. & O. Komar. 2003. El Parque Nacional El Imposible y Su Vida Silvestre. Primera Edición. San Salvador. El Salvador. 230 p.

Amézquita S., A. Forsyth, A. Lopera, A. Camacho. 1999. comparación de la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos (coleoptera: scarabaeidae) en remanentes de bosque de la Orinoquia Colombiana. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, número 076. 113-126

Andrés-Abellan M., F. López-Serrano, F. García, A. del Cerro-Barja. 2006. Assessment of trampling simulation impacts on native vegetation in Mediterranean sclerophyllous forest. *Environmental Monitoring and Assessment* No.120. 16: 93–107.

Andresen E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*. No 26. 11: 87–97.

Andresen E. 2007. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. *J Insect Conserv.* 1-12.

Arellano L., J. León-Cortés, G. Halfpter. 2008. Response of dung beetle assemblages to landscape structure in remnant natural and modified habitats in southern Mexico. *Insect Conservation and Diversity* 1, 253–262.

Arias-Buriticá J. A. 2011. Revisión taxonómica de la Sección “Buqueti”, *Dichotomius* Hope, 1838 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Tesis para optar al grado de: Magister en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia. 137 p.

Arnett Jr. R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley, J. H. Frank 2002. American Beetles. Volume 2: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. 1st Edition. CRC Press, Washington D. C. 569 p.

Avendaño-Mendoza C., A. Morón-Ríos, E. Cano, J. León-Cortés. 2005. Dung beetle community (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a tropical landscape at the Lachua Region, Guatemala. *Biodiversity and Conservation* 14: 801–822.

Basto-Estrella G., R. Rodríguez-Vivas, Delfín-González, Enrique Reyes-Novelo. 2012. Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 380-386.

Bustos-Gómez F., J. Gordon. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Escarabeidos de Latinoamérica: Estado del conocimiento*. 1-7.

Barrance A., K. Schreckenberg, J. Gordon. 2009. Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano. Primera Edición. Overseas Development Institute. 158 p.

Barraza J., J. Montes, N. Martínez, C. Deloya. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 36: 285-291.

Camberfort Y., I. Hanski. 1991. Dung Beetle Population Biology. 21: 36-50. Chapter in: Hanski I., Y. Camberfort. 1991. *Dung Beetle Ecology*. 481 p.

Ceballos-Lascuráin H. 1993. Ecotourism in Central America. Technical Report for World Trade Organization-United Nations Development Programme.

Ceballos-Lascuráin, H. (1996). Tourism, Ecotourism, and Protected Areas. IUCN Protected Areas Programme. IV Congress on Nations Parks and Protected Areas. Consultado: 22 de octubre de 2012. Libro disponible en línea: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/html/Tourism/cover.html>.

Chapman C., L. Chapman, K. Vulinec, A. Zanne, M. Lawes. 2003. Fragmentation and alteration of seed dispersal processes: an initial evaluation of dung beetles, seed fate, and seedling diversity. *Biotropica* No 35. 12: 382–393.

Chester J. 1976. Human-Wildlife Interactions in the Gallatin Range, Yellowstone National Park, 1973-1974. M. S. thesis. Montana State University. Bozeman.

Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.

Creedy T., D. Mann. 2011. Identification Guide to the Scarabaeinae Dung Beetles of Cusuco National Park, Honduras. Disponible:

Da Silva P. 2011. Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Two Non-Native Habitats in Bagé, Rio Grande do Sul, Brazil. *Zoological Studies* 50: 546-559.

Davis W. 1974. The Mammals of Texas. Bull. Texas Parks and Wildlife Dept. 41: 1-294.

Davis A. J., J. D. Holloway, H. Huijbregts, J. Krikken. A. H. Kirk-Spriggs, S. L. Sutton. 2001. Dung beetles as indicators of change in the forest of northern Borneo. *Journal of Applied Ecology* No 38. 24: 593-616.

de la Torre S., Snowdon C., M. Bejarano. 1999. Preliminary study of the effects of ecotourism and human traffic on the howling behavior of Red Howler Monkeys, *Alouatta seniculus*, in Ecuadorian Amazonia. *Neotropical Primates* No. 7. 3:84-86.

Doube B. 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecol. Entomol.* 15, 371–383.

Escobar F. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia* 19:419–430.

Estrada A., R. Coates-Estrada. 2002. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* No 11. 16: 1903–1918.

Evans A. V., Bellamy C. L. 1996. *An inordinate fondness for beetles*. First Edition. University of California Press. 208 p.

Fauht J. E., J. Bernardo, M. Camara, W. J. Resetarits, J. Van Buskirk, S. A., McCollum. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: A conceptual approach. *The American Naturalist* February 1996. Vol. 147. No.2. 5: 282-286.

Filgueiras B., L. Iannuzzi, I. Real. 2011. Habitat fragmentation alters the structure of dung beetle communities in the Atlantic Forest. *Biological Conservation*. No.144. 8: 362–369.

Fuentes R. 2008. Abundancia y estacionalidad del escarabajo *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) Coleoptera: Scarabaeidae, Tonacatepeque, San Salvador, El Salvador. XXXV Congreso Socolen: Sociedad Colombiana de Entomología. Universidad Nacional de Colombia.

Gillot C. 2005. *Entomology*. Third Edition. University of Saskatchewan. Published by Springer. Printed in Netherlands. 831 p.

Halffter G., L. Arellano. 2002. Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. *Biotropica*. 34: 144–154.

Halffter, G., C. Huerta, J. López-Portillo. 1996. Parental care and offspring survival in *Copris incertus* Say, a sub-social beetle. *Anim. Behav.* No. 52. 7: 133–139.

Halffter, G., M.E. Favila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* No 27. 7: 15-21.

Heil L., E. Fernández-Juricic, D. Renison, A. M. Cingolani, D. T. Blumstein. 2007. Avian responses to tourism in the biogeographically isolated high Córdoba Mountains, Argentina. *Biodivers Conserv* No 16. 18:1009–1026.

Hidinger L. 2007. Measuring the Impacts of Ecotourism on Animal Populations: A Case Study of Tikal National Park, Guatemala. *Yale F & ES Bulletin*.

Horgan F. 2005. Effects of deforestation on diversity, biomass and function of dung beetles on the eastern slopes of the Peruvian Andes. *Forest Ecology and Management* No.216. 17: 117–133.

Horgan F. 2008. Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: a functional comparison. *Biodivers Conserv* 1-18.

Howden H., Cartwright. 1963. Scarab beetles of the genus *Onthophagus* Latreille, north of Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae) 114; 1-135.

Howden H., V. Nealis. 1978. Observations on height of perching in some tropical dung beetles (Scarabaeidae). *Biotropica* 10: 43-46.

Kelly E.P. 2009. An assessment of the potential for developing ecotourism in the San Francisco Menéndez sector of El Imposible National Park, El Salvador. Thesis for the degree of: Master in Science. University of Alaska Fairbanks. Fairbanks. Alaska. 72 p.

Knight R. L., D. N. Cole. 1995a. Wildlife responses to recreationists. 19: 51-70 Chapter in: Knight R. L., J. Gutzwiller. 1995. *Wildlife and recreationists coexistence through management and research*. First edition. Island Press. Washington D. C. Printed in United States of America. 371 p.

Knight R. L., D. N. Cole. 1995b. Factors that influences wildlife responses to recreationists.10: 71-80. Chapter in: Knight R. L., J. Gutzwiller. 1995. Wildlife and recreationists coexistence through management and research. First edition. Island Press. Washington D. C. Printed in United States of America. 371 p.

Kolhman B., A. Solís. 1997. El género *Dichotomius* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. G. it. Ent., 8: 343-382.

Kolhman B., A. Solís. 2001. El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. G. it. Ent., 9: 159-261.

Kuss F., A. Graefe, J. Vaske. 1990. Visitor Impact Management: A Review of Research. Volume 1. National Parks and Conservations Association. Washington D. C. 256 p.

Landres, P. B. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. Conservation Biology No. 2. 12: 316-327.

Lira I., E. Naranjo. 2003. Abundancia, preferencia de hábitat e impacto del ecoturismo sobre el puma y dos de sus presas en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Revista Mexicana de Mastozoología No 7. 20: 20-39.

Lira I., E. Naranjo, D. Güiris, E, Cruz. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biósfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie) año/vol. 20 No 1. 22: 1-21.

Lobo J. Estimation of Dung Beetle Biomass (Coleoptera, Scarabaeoidea). European Journal of Entomology. Vol. 90. 235-238.

Lucrezi S., T. A. Schlacher, W. Robinson. 2009. Human disturbance as a cause of bias in ecological indicators for sandy beaches: Experimental evidence for the effects of human trampling on ghost crabs (*Ocypode* spp.) Ecological Indicator No. 9. 9: 913–921.

Müllner A., A. Pfromme. 2001. Turismo de bosque húmedo y su impacto en especies seleccionadas de la fauna silvestre del Río Cuyabeno, Ecuador. Biodiversidad: Protección de las especies y del biotopo. Número de la serie: TÖB F- IV/8s. Eschborn 2001. 115

Nichols, E., T.A. Gardener, C.A. Peres and S. Spector 2008. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. *Oikos* No 118. 7: 481-487.

Nichols, E., T. Larsen, S. Spector, A.L. Davis, F. Escobar, M.E. Favila and K. Vulinec. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation* No 137. 19: 1-19.

Noriega J. A., G. Fagua. 2009. 5. Monitoreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en la Región Neotropical. 24: 165-188. En: Acosta A., Fagua G., A. M. Zapata. 2009. Técnicas de campo en ambientes tropicales: Manual para el monitoreo en ecosistemas acuáticos y artrópodos terrestres. Primera Edición. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana (Colección libros de investigación).

Otavo S., Á. Parrado-Rosselli, J. Noriega. 2013. Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Rev. biol. trop* vol.61 no.2.

Reyes-Novelo E., H. Delfín-González, M. Morón. 2007. Copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity in an agroecosystem in Yucatan, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 55: 83-99.

Ribera, I., G. Foster, G. 1997. El uso de artrópodos como indicadores biológicos. *Bol. S. E. A.* No.20. 12: 265-276.

L. Rivera-Cervantes, G. Halffter. 1999. Monografías de las especies mexicanas de *Canthon* del subgenera *Glaphyrocanthon* (Coleoptera: scarabaeidae: Scarabaeinae). Acta Zool. Mex. 77: 23-150.

SalvaNatura. (2008). Plan de Manejo 2008-2012, Parque Nacional El Imposible. San Salvador.

SalvaNatura. 2011a. Parque Nacional El Imposible. San Salvador, El Salvador. Consultado: 20 de octubre de 2012, Disponible: http://www.salvanatura.org/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=161.

SalvaNatura. 2011b. Gestión del Área: Parque Nacional El Imposible. San Salvador, El Salvador. Consultado: 26 de octubre de 2012, Disponible: http://salvanatura.org/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=196.

Scheffler P. 2005. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. *Ecography* 30: 193-208.

Selness A. R. 1999. Tiger Beetles (Coleoptera: Cicindelidae) as an Indicator Taxon of Environmental Quality in Minnesota State Parks. Conservation Biology Research Grants Program, Division of Ecological Services, Minnesota Department of Natural Resources. 11 p.

Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15:353-391.

Sholtz C. H., A. Davis, U. Kryger. 2009. Evolutionary biology and conservation of Dung Beetles. First edition. Pensoft Publishers. Printed in Bulgaria. 569 p.

United States Agency for International Development (USAID). 2010. Informe sobre los bosques tropicales y biodiversidad en El Salvador. 134p.

Velado-Cano M. A. (en preparación). Uso y preferencia de hábitat del "pezote" (*Nasua narica*), en el Parque Nacional El imposible, Sector San Benito, Departamento de Ahuachapán, El Salvador. Tesis para optar al grado de: Licenciada en Biología. Universidad de El Salvador.

Vega E., E. Peters. 2007. Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. Disponible:

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/vega_peters.html

Vidaurre T., L. Gonzales, M. Ledezma. 2008. Escarabajos coprófagos (scarabaeidae: scarabaeinae) del palmar de las islas, Santa Cruz – Bolivia. *Kempffiana* 4: 3-20.

Wall G., C. White. 1977. The environmental Impacts of Outdoor Recreation. University of Waterloo. Dept. of geology. Publications Series 11. Waterloo, Ontario.

White R. E. Beetles. 1983. A field guide to the beetles of North America. First Edition. Printed in United States of America. 365 p.

Comparación del ensamblaje de escarabajos necro-coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en cuatro zonas con diferente grado de perturbación en el Parque Nacional El Imposible, Ahuachapán, El Salvador.

José D. Pablo-Cea¹

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.
Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
Dirección electrónica: pcea_coleoptera@hotmail.com

Resumen.

Ya que el ecoturismo en esencia es una actividad responsable dentro de áreas protegidas o parques nacionales, es razonable suponer que el impacto generado será el mínimo posible. Sin embargo, es muy poca la información relacionada con la cuantificación de este impacto en ecosistemas protegidos. En esta investigación, se analizó la variación en la composición del ensamblaje de escarabajos necro-coprófagos en cuatro sitios con diferente grado de perturbación (de menor a mayor paso de personas) producto del ecoturismo en el Parque Nacional El Imposible en El Salvador. Se realizaron seis muestreos entre los meses de junio a noviembre del 2013, utilizando 20 trampas de caída en cada sitio, 10 cebadas con excremento humano y 10 con carroña de pollo. Se capturaron 10,500 individuos distribuidos en 22 especies y 11 géneros. El índice de similaridad fue alto (0.90), demostrando iguales niveles de dominancia, mientras que el índice de Jaccard fue capaz de separar los sitios con acceso turístico de los sitios sin acceso. Dos especies dominaron el ensamblaje: *Onthophagus landolti* (excremento) y *Coprophanaeus corythus* (carroña), especie que representó mayor biomasa relativa (51 %) y es propuesta como especie clave en el desempeño de la funcionalidad ecosistémica. A medida que aumentó el paso de personas la riqueza ($F=4.376$, $p=0.0048$) y la abundancia ($F=6.4330$, $p=0.0032$) tendieron a descender, mientras que la diversidad ($F=3.3117$, $p=0.0230$), equitatividad ($F=3.5892$, $p=0.0220$) y biomasa ($F=1.9003$, $p=0.1435$) tendieron a aumentar a medida que el disturbio lo hacía, aunque las diferencias en biomasa no fueron estadísticamente significativas. Diferentes estudios han propuesto que el número de personas que transitan por un lugar juega un papel muy leve al afectar la vida silvestre, por lo que esta investigación podría significar un aporte al conocimiento del impacto que puede generar esta variable, puesto que se observaron variaciones significativas en la composición del ensamblaje de escarabajos.

Palabras claves.

Coleoptera, Ecoturismo, Ensamblaje, Escarabajos necro-coprófagos, parque nacional El Imposible.

Introducción

El ecoturismo busca el aprovechamiento de la vida silvestre y ambientes naturales (Lira y Naranjo 2003) enfocándose principalmente en las áreas protegidas que prometen hábitats relativamente intactos (Müllner y Pfrommer 2001). Se define como: “Un viaje ambientalmente responsable, visitando áreas relativamente no perturbadas, con el propósito de disfrutar y apreciar la naturaleza, promoviendo la conservación y tiene un bajo impacto del visitante en la naturaleza” (Ceballos-Lascuráin 1996).

Los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) ha sido identificado como grupo focal para el monitoreo de biodiversidad y su utilización como indicadores debido a ciertas características enumeradas por Spector (2006): a) las técnicas de muestreo para este grupo pueden ser fácilmente estandarizadas, b) la taxonomía del grupo es estable y está sujeta a cambios drásticos c) están ampliamente distribuidos, d) muestran un rango de respuestas a cambios en el ambiente y perturbación, e) poseen una importancia ecológica y económica y f) poseen correlación con otros taxones.

Con base a lo anterior en el presente estudio se analizó la variación en la composición del ensamblaje de escarabajos coprófagos y necrófagos (Scarabaeinae) entre cuatro sitios con diferente grado de perturbación debido al paso de personas causado por el ecoturismo en el Sector San Benito del Parque Nacional El Imposible.

Metodología

En El Salvador, el Parque Nacional El Imposible es el de mayor extensión y diversidad, cuenta con un 33% de su extensión geográfica destinada al ecoturismo (SalvaNatura 2008) y cuenta con un promedio anual de visitantes de 8,000 personas (SalvaNatura 2008).

Se seleccionaron 4 sitios basados en la zonación interna del sitio establecida en su plan de manejo (SalvaNatura 2008) con respecto a la cantidad de personas que tenían acceso a cada uno de estos: sitio 1 (~6182 personas/año), sitio 2 (~325 personas/año), sitio 3 (~200 personas/año) y el sitio 4 (~50 personas/año), donde los sitios 1 y 2 eran accesibles al turismo y los sitios 3 y 4 no lo eran.

En cada sitio se colocaron 10 trampas pitfall cebadas con carroña de pollo y 10 cebadas con excremento humano, dispuestas en 2 transectos lineales. Entre cada transecto había una distancia de 50 metros y entre cada trampa en el mismo transecto habían 25 metros. Se realizaron 6 muestreos mensuales entre los meses de julio a noviembre del 2013.

Los escarabajos colectados se colocaron en frascos de vidrio con etanol al 70% y se trasladaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad de El Salvador y una parte de las muestras se llevo al Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica para su posterior identificación taxonómica.

Se analizó la variación causada por el grado de perturbación en la abundancia de escarabajos, número de especies, diversidad, equitatividad y la biomasa del ensamblaje de escarabajos coprófagos utilizando ANOVA.

Resultados

Se capturaron 10, 500 individuos distribuidos en 22 especies y 11 géneros.

Dos especies dominaron el ensamblaje: *Onthophagus landolti* (excremento) y *Coprophanæus corythus* (carroña), especie que representó mayor biomasa relativa (51 %) y es propuesta como especie clave en el desempeño de la funcionalidad ecosistémica.

El índice de similaridad fue alto demostrando niveles de dominancia similares (Fig. 1), mientras que el índice de Jaccard fue capaz de separar los sitios con acceso turístico de los sitios sin acceso (Fig. 2).

A medida que aumentó el paso de personas la riqueza ($F=4.376$, $p=0.0048$) y la abundancia ($F=6.4330$, $p=0.0032$) tendieron a descender, mientras que la diversidad ($F=3.3117$, $p=0.0230$), equitatividad ($F=3.5892$, $p=0.0220$) y biomasa ($F=1.9003$, $p=0.1435$) tendieron a aumentar a medida que el disturbio lo hacía, aunque las diferencias en biomasa no fueron estadísticamente significativas.

Los valores del índice de Shanon y valores de equitatividad fueron en el S1= 1.75 y 63% S2=1.51 y 54%, S3=1.47 y 50% S4=1.16 y 47%

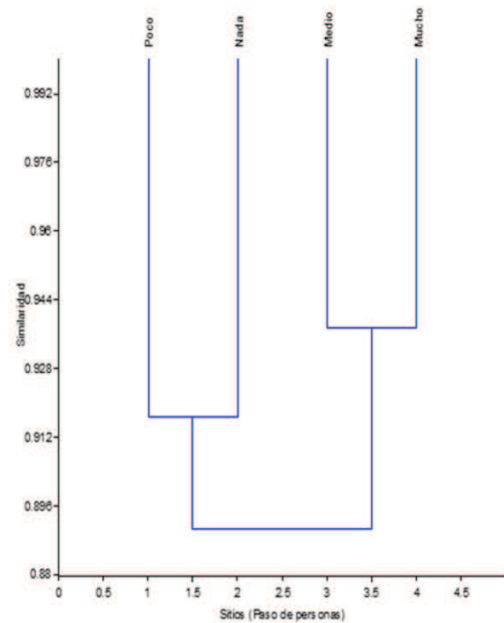


Fig. 1. Dendrograma de los valores del índice de similitud de Simpson.

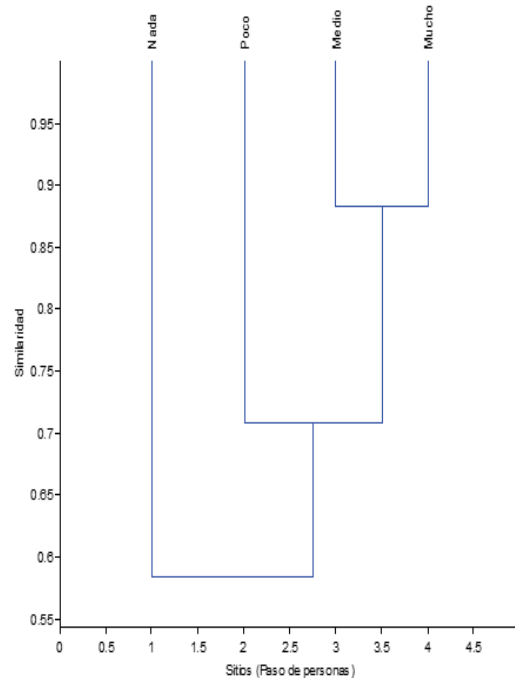


Fig. 2. Dendrograma de los valores del índice de similitud de Jaccard.

Discusión.

De acuerdo al índice de Simpson se puede inferir que la perturbación generada por el paso de personas, no influye directamente en delimitar las especies que dominan en cada uno de los sitios, pero sí en las proporciones en la que éstas lo hacen. Mientras que el porcentaje de similitud de Jaccard, separó claramente a los sitios con acceso turístico de los otros dos sitios.

La menor abundancia de escarabajos en el lugar más perturbado coincide con lo encontrado en otro estudio (Vidaurre et al. 2008). La menor abundancia de scarabaeinae supone una menor cantidad de excremento removido (Andresen 2003) y podría representar que en el sitio existe una menor cantidad de excremento de mamíferos nativos del bosque disponible para ser removido significando una menor cantidad de vertebrados superiores debido al ecoturismo, lo que ha sido observado en otros estudios (Lira y Naranjo 2003, Lira et al. 2004).

La perturbación causada por el paso de personas podría funcionar como una fuente de heterogeneidad e influyó en la diversidad de los escarabajos presentes en los cuatro sitios, la que aumentó mientras la perturbación lo hacía. Lo anterior puede explicarse según la teoría del disturbio intermedio, propuesta por Connell (1978) la cual establece, que a disturbios intermedio aumenta la diversidad. En el sitio con nulo paso de personas, el sistema podría haber alcanzado un estado de equilibrio, de tal manera que una especie competitivamente superior (*O. landolti*)

se ha visto beneficiada al ser la mejor en explotar una subdivisión particular del hábitat, el excremento (Connell 1978). A medida la perturbación aumentó, el estado de equilibrio de los sitios pudo irse desestabilizando, lo cual se ve reflejado en la disminución de la abundancia relativa de *O. landolti*, dando oportunidad a que otras especies también fueran abundantes, reflejándose en los valores de equitatividad de los sitios (mucho: 63%, medio: 54%, poco: 50%, nada: 47%) ($F=3.5892$, $p=0.0220$).

Diferentes estudios han propuesto que el número de personas que transitan por un lugar juega un papel muy leve al afectar la vida silvestre, por lo que esta investigación podría significar un aporte al conocimiento del impacto que puede generar esta variable, puesto que se observaron variaciones significativas en la composición del ensamblaje de escarabajos.

Literatura citada

Andresen E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*. No 26. 11: 87–97.

Connell M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.

Ceballos-Lascuráin, H. (1996). Tourism, Ecotourism, and Protected Areas. IUCN Protected Areas Programme. IV Congress on Nations Parks and Protected Areas.

Lira I., E. Naranjo. 2003. Abundancia, preferencia de hábitat e impacto del ecoturismo sobre el puma y dos de sus presas en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* No 7. 20: 20-39.

Lira I., E. Naranjo, D. Güiris, E. Cruz. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biósfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (Nueva serie) año/vol. 20 No 1. 22: 1-21.

Müllner A., A. Pfromme. 2001. Turismo de bosque húmedo y su impacto en especies seleccionadas de la fauna

silvestre del Río Cuyabeno, Ecuador. *Biodiversidad: Protección de las especies y del biotopo*. Eschborn 2001. 115

SalvaNatura. (2008). Plan de Manejo 2008-2012, Parque Nacional El Imposible. San Salvador.

Spector S. 2006. Scarabaeine Dung Beetles (coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An Invertebrate Focal Taxon for Biodiversity Research and Conservation. *The Coleopterists Bulletin* 60:71-83.

Vidaurre T., L. Gonzales, M. Ledezma. 2008. Escarabajos coprófagos (scarabaeidae: scarabaeinae) del palmar de las islas, Santa Cruz – Bolivia. *Kempffiana* 4: 3-20.