



Comparación de Diversidad, Riqueza y Abundancia Relativa de Escarabajos Peloteros en la Reserva Cloudbridge

Frederica Poznansky y Jennifer Powell

Septiembre 2017



Deltochilum mexicanum

CONTENIDO

Contenido.....	1
Tablas.....	2
Figuras.....	2
1 Resumen.....	3
2 Introducción.....	3
3 Ubicación del Estudio.....	5
4 Materiales y Métodos.....	7
4.2 Análisis de Datos.....	9
5 Resultados.....	10
5.1 Hábitat.....	10
5.2 Cebo.....	13
5.3 Estación.....	14
6 Discusión.....	16
7 Recomendaciones.....	17
8 Conclusión.....	17
9 Agradecimientos.....	17
10 Referencias.....	18

TABLAS

Tabla 1: Detalles del sitios de estudio.....	6
Tabla 2: Abundancia mediana entre tipos de hábitat y géneros.....	11
Tabla 3: Riqueza de taxones y diversidad entre tipos de habitat.....	11
Tabla 4: Comparación del efecto de los tipos de cebo en abundancia por géneros.....	13
Tabla 5: Comparación del efecto de estación en abundancia por géneros.....	14

FIGURAS

Figura 1: Ubicación de sitios de estudio. Primera letra del nombre del sitio representa el camino, los símbolos de estos últimos representan el tipo de hábitat: Pl = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.....	5
Figura 2: Diagrama de una trampas de fosa estándar.....	8
Figura 3: Ejemplo de una trampas de fosa estándar.....	8
Figura 4: Ejemplo de un interceptor de vuelo.....	8
Figura 5: Variación en la abundancia de escarabajo por muestra por tipos de hábitat. Pl = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.....	12
Figura 6: Variación en y <i>Ontherus</i> , <i>Onthophagus</i> , y <i>Uroxys</i> abundancia por tipos de hábitat. Pl = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.....	12
Figura 7: Variación en la abundancia de géneros del escarabajo entre estaciones.....	15

1 RESUMEN

La Reserva Natural Cloudbridge ubicada en la vertiente del Pacífica de las montañas de Talamanca en Costa Rica, es un proyecto de regeneración de bosque que comprende cerca de 255 hectáreas que han sido naturalmente regeneradas o plantadas y 28 hectáreas de bosque primario. En éste estudio se evaluó cuáles géneros de escarabajos peloteros (superfamilia *Scarabaeoidea*) están presentes en la reserva y cómo la diversidad, riqueza de taxones y abundancia relativa se diferencian entre bosque plantado, bosque regenerado naturalmente y bosque primario. Se establecieron un par de trampas de fosa, con estiércoles y con plátano fermentado, cada 50m a lo largo de transectos de 100m en los diferentes tipos de hábitat.

Fueron utilizados interceptores de vuelo en algunas trampas para mejorar la captura. Tres o cuatro transectos fueron muestreados durante 4 días cada semana, todos los transectos fueron muestreados una vez al mes, entre finales de noviembre de 2016 y el final de enero de 2017. El primer mes de toma de muestras se realizó al final de la temporada de lluvias y el segundo en el inicio de la temporada seca. En general, se colectaron 5 géneros, siendo *Onthophagus* y *Ontherus* y *Uroxys* los más abundantes. No se encontraron diferencias significativas entre los tipos de bosque en general o dentro de géneros o en la eficacia de cualquier cebo. Hubo una caída significativa en la abundancia de *Ontherus* y *Deltochilum* entre las estaciones húmedas y secas. Una alta variabilidad y una gran cantidad de ceros en el conjunto de datos hicieron difícil las comparaciones estadísticas, se recomienda realizarse un estudio adicional de al menos 3 meses, exclusivamente dentro de la temporada de lluvias.

2 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos en la Reserva Natural Cloudbridge (Cloudbridge) es la de mejorar su función como corredor natural que conecta al Parque Nacional Chirripó al este con la Reserva Talamanca al noroeste, al regresar a un estado similar a los parches de bosque primario, el resto de bosque presente en la reserva por medio del proyecto de reforestación. Un estudio similar, realizado en un proyecto de reforestación en el bosque Atlántico en el estado de Bahía, en Brasil, demostró una progresión prometedora de la composición de especies de *Scarabaeidae* entre las áreas reforestadas y el bosque conservado (Dorneles Audino et al. 2013). Un estudio anterior, sobre el borde del bosque de sabana exhibió una disminución en la riqueza y abundancia de especies hacia el borde del bosque (Feer 2008). En el estudio de Quintero y de Roslin 2005 sobre la respuesta de las comunidades de escarabajos pelotero a la fragmentación del bosque, indicó una rápida homogeneización después de menos de veinte años, exhibiendo una tasa de recuperación dos veces más veloz de la se prevé para las comunidades de hormigas (Dunn 2004).

Los escarabajos *Scarabaeidae* realizan servicios ecosistémicos cruciales, como el reciclaje de nutrientes, dispersión de semillas secundaria, acondicionamiento del suelo y la aireación. Además, actúan como hospederos para el transporte de polen, hongos, bacterias, moscas y ácaros fóricos (Spector 2006). Son un indicador valioso del cambio ambiental, en particular de ecosistemas modificados por seres humanos, ya que se ha demostrado que son sensibles a gradientes ambientales naturales, disponibilidad de recursos y cambio de uso de la tierra (eg. Nichols & Gardner 2011). Estudios en la superfamilia *Scarabaeidae* pueden ser un medio rentable de control de salud del ecosistema debido a que depende de la presencia de otros animales en el ecosistema, tales como animales que producen estiércol (Spector 2006). En particular, para Cloudbridge está dependencia se encuentra asociada a la presencia de mamíferos de mediano o gran tamaño (Cambefort & Walter 1991), como lo son las seis especies de felinos de Costa Rica y un número de otros mamíferos grandes que han sido encontrados en la reserva (Cloudbridge 2017d).

El objetivo de este estudio fue evaluar qué especies de escarabajos están presentes en la reserva y cómo la abundancia relativa, riqueza del taxón, y diversidad difieren entre los tipos de bosque. Específicamente, el estudio se concentró en las siguientes hipótesis:

- 1) La abundancia relativa, riqueza del taxón y diversidad serán mayores en:
 - a. los más viejos tipos de bosque (primero y $R > 30$) en comparación con los tipos de bosque más jóvenes ($R < 30$ y plantación),
 - b. $R > 30$ en comparación con $R < 30$, y
 - c. plantación en comparación con $R < 30$.

Éste estudio también evaluó cuán eficaz fue el plátano fermentado como cebo en comparación con el estiércol, y si la carnada de plátano podría ser utilizada para atraer especies especialistas. Las hipótesis fueron:

- 2) La carnada de plátano fermentado atrae especies especialistas no atraídas al cebo de estiércol.
- 3) Las muestras de trampas con cebo de estiércol tendrán una mayor abundancia relativa, riqueza del taxón y diversidad que las muestras de trampas con cebo de plátano fermentado.

Como el estudio tuvo lugar en el final de la temporada de lluvias y el comienzo de la temporada seca, fueron examinadas diferencias en la estructura de la comunidad de escarabajos pelotero entre las estaciones del año con la hipótesis de que:

- 4) Habrá una diferencia en la abundancia relativa de escarabajo pelotero, riqueza del taxón y diversidad entre las estaciones húmedas y secas.

3 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la Reserva Natural Cloudbridge (Cloudbridge) (9,472147° N; -83,5778050° O) ubicada en la vertiente del Pacífica de las montañas de Talamanca en el sur de Costa Rica. Cloudbridge reside entre 1.550 y 2.600 m de altitud y está compuesta por alrededor de 283 hectáreas de bosque nublado. Aproximadamente 28 hectáreas de la reserva son bosque primario con el resto compuesto por bosque naturalmente regenerado, o plantado. El área más cercana a la reserva con datos meteorológicos es en la ciudad de Rivas, a unos 10 km en descenso de la reserva a una altitud de 875 m. En Rivas, la temperatura media anual es de 22,2°C y la precipitación anual total es 3484 mm (Merkel 2017). Noviembre y diciembre suelen tener una temperatura media de 21,4°C con una precipitación total de 391 mm, mientras que enero y febrero suelen tener una temperatura media de 21,9°C con una precipitación total de 90 mm (Merkel 2017).

Desde su fundación en 2002, los esfuerzos de reforestación en Cloudbridge han reestablecido la cubierta forestal en aproximadamente 255 hectáreas de pastos degradados. La reserva es un área de gran importancia biológica, conocida por ser hogar de 298 especies de aves (Cloudbridge 2017b), 47 especies de anfibios y reptiles (Cloudbridge 2017a,e), y 50 especies de mamíferos (Cloudbridge 2017d), como Puma (*Puma concolor*) y Jaguar (*Panthera onca*). En la actualidad, se han realizado pocos estudios entomológicos en la reserva, identificando solamente 166 taxones (Cloudbridge 2017c), y los datos son limitados. Este es el primer estudio completo de la superfamilia Scarabaeoidea en la reserva, un grupo comúnmente conocido como escarabajos pelotero.

El estudio se realizó a lo largo de 15 transectos espaciados a lo largo de la parte sur de la reserva en cuatro tipos de hábitat: bosque primario, regeneración natural de más de 30 años (R>30), regeneración natural menores de 30 años (R<30), y plantación (Figura 1, Tabla 1).

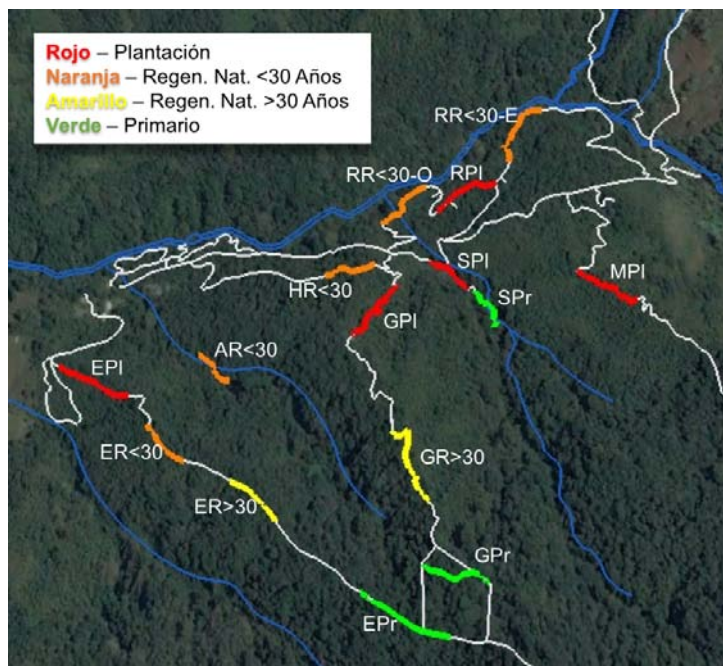


FIGURA 1: Ubicación de sitios de estudio. Primera letra del nombre del sitio representa el camino, los símbolos de estos últimos representan el tipo de hábitat: PI = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.

TABLA 1: Detalles del sitios de estudio.

Sitio	Inicio del Transecto ¹		Final del Transecto ¹		Elevación (m)	Tipo de Hábitat ²	Sendero	ID de Transecto
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud				
1	9,47321448	-83,57245340	9,47387103	-83,57161806	1638-1646	R<30	Rio - Oeste	RR<30-O
2	9,47343000	-83,57143000	9,47395000	-83,57034000	1653-1665	Pl	Rio	RPl
3	9,47430588	-83,57010580	9,47523158	-83,56947145	1659-1671	R<30	Rio - Este	RR<30-E
4	9,47202324	-83,57213631	9,47106351	-83,57284601	1717-1742	Pl	Gavilan	GPl
5	9,46946190	-83,57202223	9,46834283	-83,57145067	1838-1900	R>30	Gavilan	GR>30
6	9,46728344	-83,57146081	9,46707800	-83,57049800	1941-1965	Pr	Gavilan	GPr
7	9,47230772	-83,57349711	9,47247804	-83,57253831	1672-1684	R<30	Heliconia	HR<30
8	9,47062891	-83,57852081	9,47009859	-83,57705573	1630-1683	Pl	El Jilguero	EPl
9	9,46954639	-83,57654570	9,46890065	-83,57586584	1719-1764	R<30	El Jilguero	ER<30
10	9,46864793	-83,57494718	9,46792876	-83,57410824	1796-1844	R>30	El Jilguero	ER>30
11	9,46683702	-83,57261182	9,46624000	-83,57111000	1917-1976	Pr	El Jilguero	EPr
12	9,47081100	-83,57580800	9,47033018	-83,57515011	1679-1709	R<30	Sistema de Agua	AR<30
13	9,47248978	-83,57144539	9,47194353	-83,57082220	1693-1728	Pl	Sentinel	SPl
14	9,47192048	-83,57068725	9,47124926	-83,57034753	1729-1765	Pr	Sentinel	SPr
15	9,47218577	-83,56891883	9,47165000	-83,56793000	1780-1839	Pl	Montaña	MPl

¹, Grados decimales, WGS84

², Tipo de hábitat: Pl = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario

4 MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron recogidos entre el 20 de noviembre de 2016 y el 27 de enero de 2017. Las trampas fueron fijadas para un mes al final de la temporada de lluvias (finales de noviembre a principios de diciembre) y otra vez durante el inicio de la seca temporada (mediados de diciembre en adelante).

Los escarabajos peloteros fueron capturados con trampas de fosa con cebo (Figuras 2 y 3). Las trampas fueron construidas de plástico de 2 L botellas de gaseosas, que eran de 9 cm de diámetro y 13 cm de altura. Las trampas fueron enterradas para que la apertura fue al ras con el suelo y cubiertas con una placa plástica apoyada con alambres para reducir la captura incidental y evitar la acumulación de agua de lluvia en la trampa. Un vaso cilíndrico con cebo (diámetro de 4 cm, 5 cm de altura) fue suspendido desde el centro de la placa, de tal manera que colgara en el centro de la trampa, con un pequeño camino hacia abajo desde el borde. Unos pocos centímetros de agua con jabón se añadieron a la trampa para evitar que los escarabajos de escaparan.

Adicionalmente se utilizaron interceptores de vuelo (IV) en dos de las trampas cebadas con estiércol (en 50 m y 100 m) a lo largo de cada transecto en un intento de aumentar la tasa de captura y la diversidad (Ueda et al. 2015) (Figura 4). Los IV mejoran las tasas de captura al impedir el vuelo de los escarabajos sobre la parte superior de la trampa, causando que caigan en la trampa. Los IV se construyeron de dos hojas de plexiglás (20 cm x 20 cm) con ranuras en el centro, permitiendo unir las hojas en formar una cruz. Una muesca fue cortada de la parte inferior de cada hoja del plexiglás (10 cm largo x 4 cm. de altura) para que el IV pudiera montarse sobre la parte superior de la abertura de la trampa mientras sigue permitiendo el acceso a la trampa de los escarabajos. Una placa de plástico de la lluvia fue montada sobre la parte superior del IV y fijada con alambres.

Fueron fijadas 15 trampas a lo largo de transectos de 100 m: 5 en hábitats plantadas, 5 en hábitats R<30, 2 en hábitats R>30, y 3 en hábitats primero (Figura 1, Tabla 1). En una sola semana, las trampas fueron fijadas a lo largo de 3 o 4 transectos, con todos los transectos censados durante el período de un mes. Un total de seis trampas fueron fijadas a lo largo de cada transecto, en intervalos de 50 m para minimizar la interferencia (Larsen and Forsyth 2005). Tres trampas fueron fijadas para cada uno de los dos tipos de cebo: estiércol humano fue utilizado como la carnada principal (Krell 2007), y plátano fermentado como medio de atraer especies especialistas. Se probó atún enlatado como un tipo de cebo adicional en lugar de plátano durante la primera semana de estudio durante la estación seca. En cada intervalo de 50 m, se estableció una trampa de cada tipo de cebo. Las trampas fueron colocadas entre 8:00 y 13:00 y dejadas sin perturbación durante 48 horas antes de que los especímenes fueron recogidos y conservados en etanol.

Los escarabajos se identificaron a nivel de género usando la *Key to Scarabaeinae of the New World* de Vaz-de-Mallo et al. (2011) como referencia, y con la ayuda de Dr. Keith Philips de Western Kentucky University.

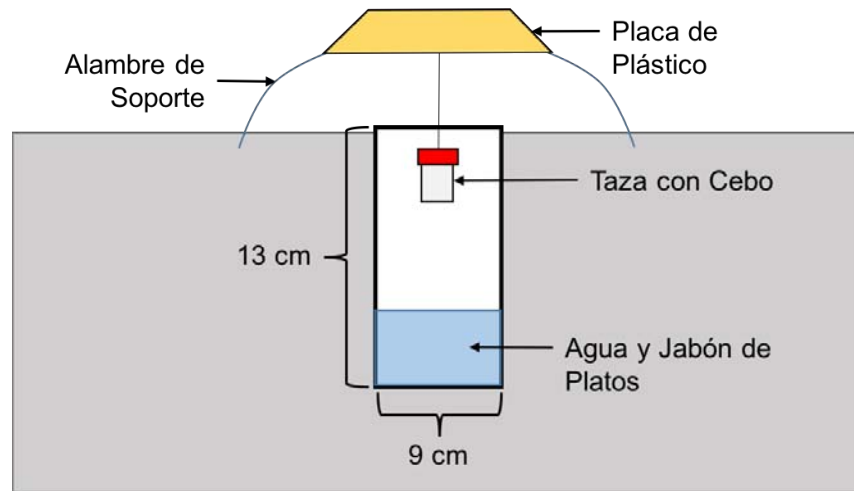


FIGURA 2: Diagrama de una trampa de fosa estándar.



FIGURA 3: Ejemplo de una trampa de fosa estándar.



FIGURA 4: Ejemplo de un interceptor de vuelo.

4.2 ANÁLISIS DE DATOS

Las muestras fueron creadas por agrupación de datos para todas las trampas en un transecto en una semana única de colección. La riqueza del taxón se calculó a partir de los datos agrupados de la variable de interés, así como por muestra.

La diversidad se determinó utilizando el Índice de Simpson para Diversidad (ISD) (1 = diversidad infinita, 0 = no hay diversidad).

$$ISD = 1 - \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde n = la abundancia de un solo género y N = el número total de todos los individuos. Se deben calcular índices de diversidad de un igual número de muestras, pero el número de muestras en este estudio fue típicamente impar para las variables analizadas. Sin embargo, cada muestra individual estuvo compuesta de un número igual de réplicas, de modo que el ISD fue calculado para cada muestra individual y luego promediado para comparar la variable bajo estudio.

Debido al gran número de ceros en el set de datos (cuando hubo escarabajos colectados en la trampa o muestra) y a ocasionalmente conteos muy altos, los datos han sido muy sesgado a la derecha. Como tal, la mediana en lugar de la media fue utilizada como el principal estadístico reportado y valor de comparación para la mayoría de las pruebas. Las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de significancia de 0.05, aunque también se presentaron resultados que fueron significativas a un el nivel de 0.10.

Se utilizó la prueba Mood's Median de Minitab Express para las comparaciones de abundancia y diversidad. La prueba fue utilizada como una alternativa no paramétrica que es robusta contra valores extremos y tiene relativamente buena potencia para distribuciones de colas pesadas. Para la comparación entre tipos de cebos, las trampas de cada tipo de cebo fueron pareadas a cada lugar de muestreo, y se utilizó el test Wilcoxon Signed-Rank como prueba para diferencias pareadas de SSP (Smith's Statistical Package). Cuando la riqueza del taxón por muestra tuvo una distribución normal, se utilizó para la comparación estadística un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) de Minitab Express, cuando no hubo una distribución normal se utilizó la prueba de Mood's Median.

Durante una semana de muestreo se probó atún como cebo adicional en lugar de plátano. Durante esa semana, varias de las tazas con cebo de atún fueron sacados de las trampas por animales. Como la presencia o ausencia del cebo de atún en la segunda trampa puede haber influido en la cantidad de escarabajos atraídos por el sitio y, posteriormente, entrar en las trampas de estiércol, los datos de las trampas de estiércol durante esa semana fueron excluidos de los resultados y análisis estadísticos.

5 RESULTADOS

Los datos recogidos entre noviembre de 2016 y enero de 2017, encontraron una comunidad de escarabajos peloteros, compuesta por seis géneros, dos de los cuales fueron encontrados en números muy pequeños. En total, 659 individuos fueron capturadas, 13 de los cuales no fueron identificados a nivel de género. De los cinco géneros identificados, el número de individuos varió de: *Onthophagus*, 242 (37%); *Ontherus*, 221 (34%); *Uroxys*, 159 (25%); *Deltochilum*, 18 (3%); y *Canthidium*, 6 (1%). Sólo los cuatro géneros más abundantes fueron analizados individualmente, dado que de *Canthidium* se recogió en una cantidad demasiado baja para el análisis estadístico.

5.1 HÁBITAT

Al comparar los tipos de hábitat, la abundancia mediana de escarabajo por muestra fue mayor en $R < 30$ en 19 (rango 2-60), y generalmente iguales entre los otros tipos de hábitats (medianas de 11 o 12) (Tabla 2, Figura 5), aunque la diferencia no fue significativa (p -valor 0,83). Los diferentes hábitats tuvieron una amplia gama de abundancia por muestra (diferencias absolutas de 58 a 79), excepto en $R > 30$ que tuvo un rango total de 17. Sin embargo, el amplio rango de abundancias en el hábitat plantado fue debido a un outlier de gran valor, que, cuando fue removido, redujo el rango del hábitat plantado a 20. El outlier de gran valor en el hábitat plantado fue debido a una muestra de 84 escarabajos en una semana, incluyendo a 44 individuos en una trampa (camino del río, 100 m). Los hábitats plantado y $R < 30$ fueron los únicos que tuvieron escarabajos en todas las muestras.

De los cuatro géneros más abundantes, las medianas no fueron significativamente diferentes entre los hábitats (Tabla 2, Figura 6). La mayor abundancia mediana para *Onthophagus* estuvo en $R < 30$ (9) y la más baja en $R > 30$ (4), donde el bosque primario y plantado fueron 6 y 5, respectivamente. El rango de abundancia fue alto en el hábitat plantado y en $R < 30$ (diferencias de 40 y 30 respectivamente), mientras que los rangos fueron mínimos en $R < 30$ y bosque primario (6 y 8 respectivamente). La abundancias medianas entre hábitats para *Ontherus* fueron bajas y similares (0 a 2). Sólo un individuo de *Ontheru* se recolectó en $R > 30$, mientras que los rangos absolutos en abundancia variaron de 28 en el bosque primario a 59 en $R < 30$. Para *Uroxys*, la abundancia mediana más alta fue en $R > 30$ (6), con medianas de los otros hábitats que van desde 1 en hábitat plantado a 3 en el bosque primario. Sin embargo, los rangos en todos menos en el bosque primario fueron pequeños (4 a 10), mientras que en el bosque primario tuvieron una abundancia máxima de la muestra de 64. *Deltochilum* tuvo medianas similares en todos los tipos de hábitat (0 o 0,5) y rangos de abundancia de 0-3.

Como sólo cinco géneros fueron registrados durante el estudio, la riqueza de taxón general fue relativamente constante incluso entre los tipos de hábitat, que varían de 4 en $R > 30$ a 5 en los otros tipos de hábitat (Tabla 3). La media de riqueza del taxón por muestra entre tipos de hábitat no fue significativamente diferente (p -valor 0,87) (Tabla 3). La diversidad por muestra fue similar entre hábitats (p -valor 0,88), variando desde $0,40 \pm 0,23$ en el bosque primario a $0,52 \pm 0,39$ en $R < 30$.

TABLA 2: Abundancia mediana entre tipos de hábitat y géneros.

Género	Plantación			R<30			R>30			Bosque Primario			p-valor
	Total	Mediana	Rango	Total	Mediana	Rango	Total	Mediana	Rango	Total	Mediana	Rango	
<i>Canthidium</i>	4	0	0-2	1	0	0-1	0	0	0-0	1	0	0-1	N/A
<i>Deltochilum</i>	3	0	0-2	4	0,5	0-1	4	0,5	0-3	6	0	0-3	0,63
<i>Oniberus</i>	68	1	0-37	110	2	0-59	1	0	0-1	38	1	0-28	0,35
<i>Ontophagus</i>	86	5	1-41	86	9	0-30	13	4	0-6	27	6	0-8	0,67
<i>Uroxys</i>	15	1	0-4	17	2	0-6	21	6	0-10	79	3	0-64	0,67
Total	176	12	5-84	218	19	2-60	39	11	0-17	151	12	0-73	0,83

R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años

TABLA 3: Riqueza de taxones y diversidad entre tipos de habitat.

Medida	Plantación			R<30			R>30			Bosque Primario			p-valor
	Total	Media	DE	Total	Media	SD	Total	Media	DE	Total	Media	DE	
Riqueza de Taxones	6	3,0	1,6	5	2,8	1,2	4	2,3	1,7	5	2,7	1,6	0,87*
Índice de Simpson de la Diversidad	n/a	0,43	0,28	n/a	0,52	0,39	n/a	0,42	0,36	n/a	0,40	0,23	0,88*

R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, DE = desviación estándar

*, Determinó mediante un análisis de varianza unidireccional.

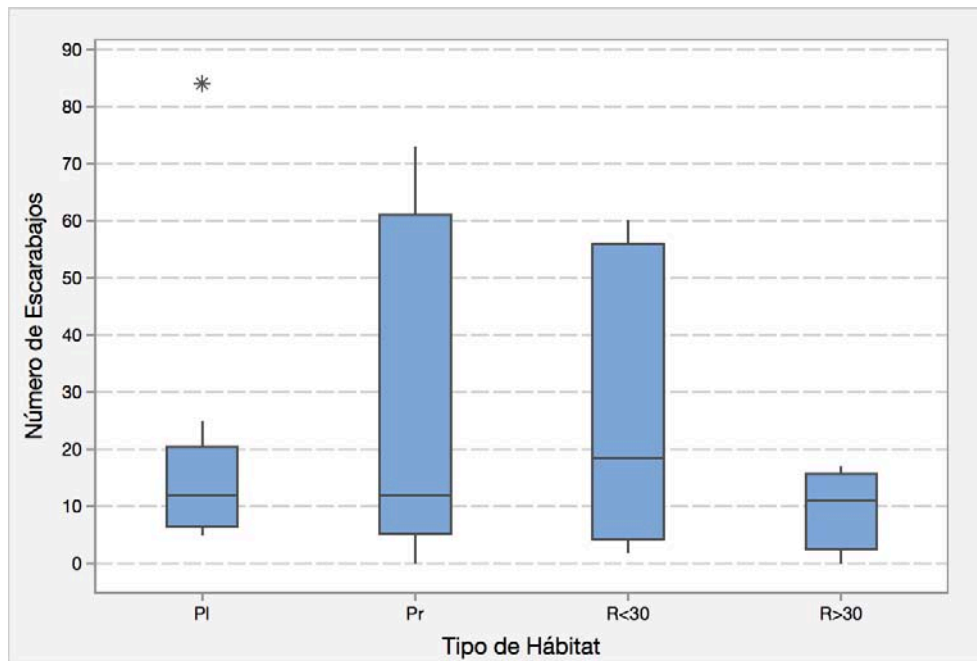


FIGURA 5: Variación en la abundancia de escarabajo por muestra por tipos de hábitat. PI = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.

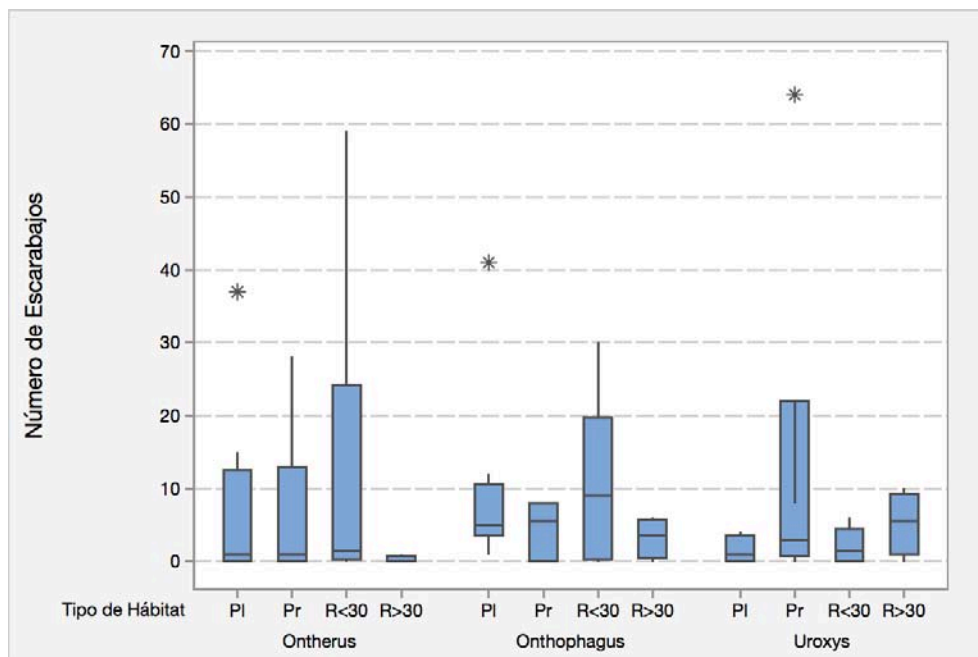


FIGURA 6: Variación en *Ontherus*, *Onthophagus*, y *Uroxys* abundancia por tipos de hábitat. PI = plantación, R<30 = regeneración natural menores de 30 años, R>30 = regeneración natural más de 30 años, Pr = bosque primario.

5.2 CEBO

Trampas cebadas con estiércol recogieron casi dos veces más escarabajos (395) que las trampas cebadas con plátano (201), aunque los valores de las medianas para ambos grupos fueron iguales con 6 escarabajos por trampa (rangos de 0-52 y 0-78, respectivamente). Cuando se compararon con la prueba Wilcoxon Signed Rank, la diferencia no fue significativa (p-valor 0,14). Análizando los géneros individuales, se encontró que *Uroxys* y *Ontherus* mostraron una preferencia por las trampas cebadas con estiércol (p-valores 0,00 y 0,06, respectivamente), aunque *Ontherus* sólo fue significativo al nivel de 0.10.

Como dos de las trampas de estiércol en cada transecto tuvieron IVs instaladas para ayudar a aumentar las tasas de captura, el IV pudo haber sesgado los datos para aumentar la abundancia en las trampas de estiércol. Una ubicación en cada transecto tuvo trampas con ambos cebos, plátano y estiércol, sin ningún IV. Las trampas de estiércol y plátano sin IV se compararon por su cuenta para determinar si se encontraban los mismos patrones cuando se compararon las trampas estiércol y plátano, no se encontraron diferencias significativas cuando se comparan todos los géneros (p-valor 0,66) o entre los géneros individuales (p-valores: *Deltochilum* – 0,13; *Onthophagus* – 0,64; *Ontherus* – 0,81; y *Uroxys* – 0,57). Esto sugiere que el aumento de abundancia de *Uroxys* y *Onthophagus* en las trampas de estiércol fue debido a la presencia de los IVs y no debido a una preferencia por el cebo de estiércol.

Los cinco géneros identificados fueron recogidos en las trampas de estiércol y el plátano. Por lo tanto, la carnada de plátano no atrae géneros especialistas en las trampas. La riqueza mediana del taxón por trampa fue 1 (rango de 0-4) para el cebo de plátano y 2 (rango de 0-4) para el cebo de estiércol, que fue significativamente diferente a un nivel de 0,10 (Wilcoxon, p-valor 0,07). Cuando se compararon sólo las trampas sin IV, la riqueza mediana del taxón fue igual a 1 (rango de 0-2 para el banano y 0-4 para el estiércol) entre los dos tipos de carnada y no fueron significativamente diferentes (p-valor 0,90). Esto sugiere que el IV dio lugar a un ligero aumento en la riqueza de taxón por trampa, pero el tipo de cebo no tuvo ningún efecto.

El ISD se calculó sólo para las trampas sin los IVs. En totalidad, las trampas con carnada de plátano sin IVs tuvieron un ISD de 0,61, mientras que las trampas con cebo de estiércol sin IV tuvieron un ISD de 0,69.

TABLA 4: Comparación del efecto de los tipos de cebo en abundancia por géneros.

Género	Cebo	Trampas Totales				Trampas Sin Interceptas de Vuelo			
		Total	Mediana Por Trampa	Mín-Max	p-valor	Total	Mediana Por Trampa	Mín-Max	p-valor
<i>Onthophagus</i>	Banano	84	1	0-8	0,72	32	1	0-8	0,64
	Estiércol	128	0	0-16		35	0	0-9	
<i>Ontherus</i>	Banano	84	0	0-35	0,06	53	0	0-35	0,81
	Estiércol	133	0	0-24		20	0	0-6	
<i>Uroxys</i>	Banano	26	0	0-8	0,00	13	0	0-8	0,57
	Estiércol	106	0	0-42		19	0	0-5	
<i>Deltochilum</i>	Banano	3	0	0-1	0,13	2	0	0-1	0,63
	Estiércol	14	0	0-3		6	0	0-3	
<i>Cantbidium</i>	Banano	4	0	0-2	n/a	1	0	0-1	n/a
	Estiércol	2	0	0-1		0	0	0-0	
<i>Dichotomius</i>	Banano	0	0	0-0	n/a	0	0	0-0	n/a
	Estiércol	1	0	0-1		0	0	0-0	
Todos los Escarabajos	Banano	201	6	0-52	0,14	101	2	0-35	0,66
	Estiércol	395	6	0-78		82	1	0-15	

5.3 ESTACIÓN

La abundancia mediana en la estación húmeda y la estación seca disminuyó significativamente de 16 (0-84) a 10,5 (2-73), respectivamente (p-valor 0,03) (Tabla 5). Ambos géneros *Ontherus* y *Deltochilum* tuvieron una disminución significativa en abundancia entre la estación húmeda y la estación seca (Figura 7). La abundancia mediana de *Ontherus* disminuyó de 8 en la temporada de lluvias a 0 en la estación seca (p-valor 0,00), mientras que *Deltochilum* disminuyó de 1 a 0 (p-valor 0,05). *Onthophagus* también vio una disminución en la abundancia mediana de la estación lluviosa a la estación seca (8 a 6, respectivamente), aunque la diferencia no fue significativa (p-valor 0,86). El género *Uroxys* tuvo un aumento en la abundancia total de 46 en la temporada de lluvias a 113 en la estación seca. Sin embargo, el aumento fue debido a dos grandes valores atípicos y la abundancia mediana de *Uroxys* realmente disminuyó de 3 a 1 entre las estaciones húmedas y secas, dando por resultado un resultado no significativo (p-valor 0,17).

En totalidad, la riqueza de taxón fue 5 en ambas temporadas. La riqueza mediana del taxón por muestra disminuyó de 4 (0-5) en la estación húmeda a 2 (1-3) en la estación seca, aunque el cambio no fue significativo (p-valor 0,19). La mediana del ISD por muestra disminuyó significativamente de 0,60 en la temporada de lluvias a 0,32 en la época seca (p-valor 0,03).

TABLA 5: Comparación del efecto de estación en abundancia por géneros.

Género	Estación	Total	Mediana Por Muestra	Mín-Max	p-valor
<i>Onthophagus</i>	Húmedo	123	5	0-41	0,33
	Seco	119	5.5	1-21	
<i>Ontherus</i>	Húmedo	213	8	0-59	0,00
	Seco	8	0	0-2	
<i>Uroxys</i>	Húmedo	46	3	0-8	0,53
	Seco	113	1	0-64	
<i>Deltochilum</i>	Húmedo	13	1	0-3	0,08
	Seco	5	0	0-3	
<i>Canthidium</i>	Húmedo	5	0	0-2	0,23
	Seco	1	0	0-1	
<i>Dichotomius</i>	Húmedo	1	0	0-1	n/a
	Seco	1	0	0-0	
Todos los Escarabajos	Húmedo	412	16	0-84	0,19
	Seco	247	10.5	2-73	

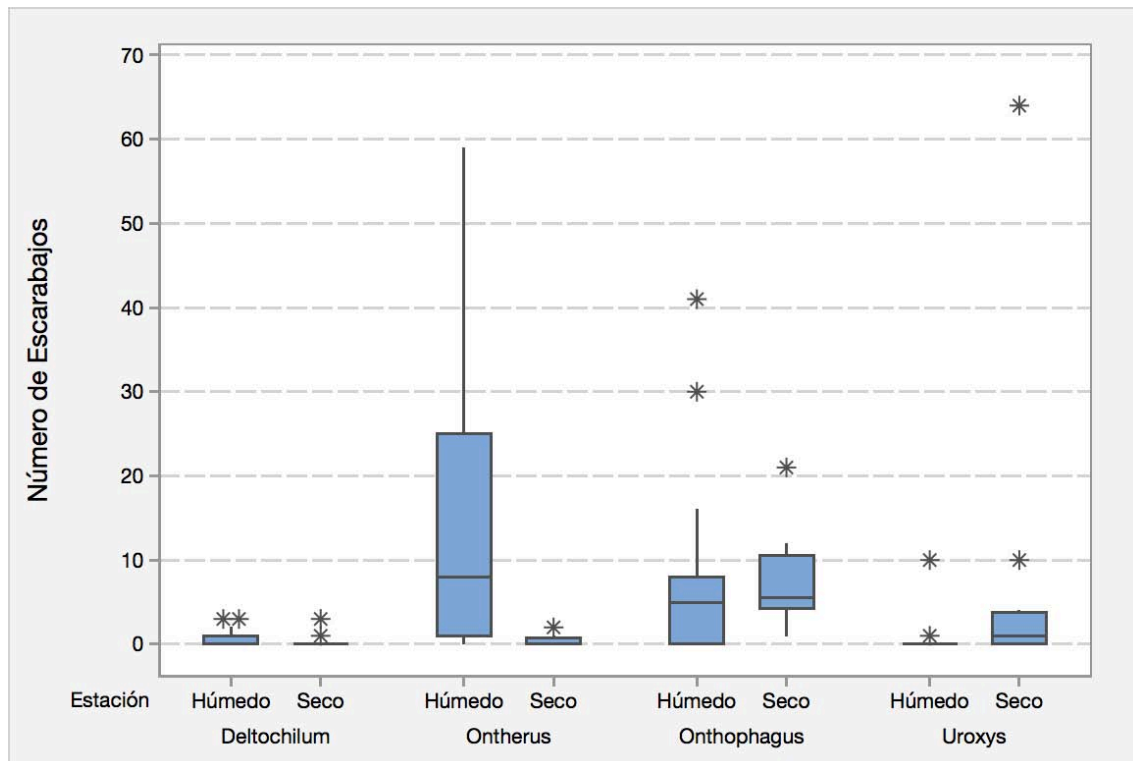


FIGURA 7: Variación en la abundancia de géneros del escarabajo entre estaciones.

6 DISCUSIÓN

No hubo una diferencia clara en la abundancia, riqueza del taxón, o diversidad del escarabajo pelotero entre hábitats cuando se incluyeron todos los géneros o dentro de los géneros individuales. En general, R>30 tuvo la menor abundancia mediana y el menor rango de abundancia dentro de las muestras. Sin embargo, como R>30 tuvo el menor número de sitios de muestreo, el menor número de muestras pudo haber reducido la probabilidad de que ocurriera un gran muestreo, dado que raramente se presentó una gran abundancia por sitio. Curiosamente, la mayor abundancia mediana para *Uroxys* ocurrió en R>30, aunque la mayor abundancia de muestreada del género se produjo en el bosque primario. Estos resultados son no significativos, si se hubieran recogido datos adicionales, puede que se hubiera encontrado que *Uroxys* tiene una preferencia por el hábitat más viejo. Para *Onthophagus*, la abundancia mediana más grande y el más amplio rango en abundancia de la muestra en los hábitats plantado y R < 30 hábitats pueden indicar una potencial preferencia por los hábitats más jóvenes. Sin embargo, datos adicionales tendrían que ser colectados para determinar si estas tendencias son realmente significativas.

En ambientes estacionalmente lluviosos, los adultos de muchas especies de escarabajos peloteros mueren después de poner sus huevos al final de la temporada de lluvias y la aparición de nuevos adultos se produce a principios de la próxima temporada de lluvias (Sánchez-Azofeifa et al. 2013), lo cual es consistente con la caída en abundancia entre las estaciones en este estudio. Ambos *Ontherus* y *Deltochilum* tuvieron una disminución significativa en la abundancia entre las estaciones húmedas y secas. Los resultados para *Uroxys* son de alguna manera contradictorios con una disminución en la abundancia mediana de la muestra, pero un aumento en el tamaño de la muestra máxima de 8 a 64 (Tabla 5). La muestra con 64 *Uroxys* ocurrió en la primera semana de enero, sólo un par de semanas en la estación seca, en el bosque primario. Porque el bosque primario es más frío y más sombreado, tarda más en secar que los otros hábitats, y los escarabajos pueden no sentir los efectos del inicio de la estación seca hasta más tarde. Mientras que la riqueza del taxón en total y por muestra no fue significativamente diferente entre las estaciones del año, hubo una diferencia significativa en la diversidad entre las estaciones.

La disminución significativa en la abundancia del escarabajo entre las estaciones húmedas y secas significa que la distribución de los escarabajos entre hábitats debe ser comparada dentro de las estaciones para mejorar la precisión de los resultados. Sin embargo, la comparación dentro de cada temporada reduce los tamaños de muestra para R>30 a dos y del bosque primario a tres. Dado el fuerte sesgo a la derecha de los datos, los tamaños de las muestras no son suficientes para hacer una comparación precisa.

En una única trampa ubicada en el transecto de 100 m de hábitat plantado presente en Río, tuvo la mayor riqueza del taxón y abundancia relativa. Es notable, ya que esa zona tenía una alta concentración de hojarasca de los árboles de *Cecropia* – una de las especies pioneras claves en el proyecto de reforestación. La mayor abundancia de escarabajo puede deberse a la presencia de coatí de nariz blanca (*Nasua nasua*) y otros pequeños mamíferos en el área, o tal vez los escarabajos se ven favorecidos por la hojarasca gruesa. Sería interesante estudiar si existe una relación entre los árboles de *Cecropia* y los escarabajos peloteros.

La carnada de plátano fermentado como una alternativa para la captura de especies especialistas fue poco efectiva, dado que no se identificaron géneros distintivos atraídos por éste cebo. Sin embargo, la identificación de los géneros a nivel de especie puede destapar distintas especies asociadas con la carnada de plátano en comparación con el cebo de estiércol. Tampoco hubo diferencias discernibles entre la efectividad de el cebo de las bananas vs el cebo de estiércol cuando se eliminó el efecto de enmascaramiento de los IV.

7 RECOMENDACIONES

Debido a la alta variabilidad en la abundancia de las muestras y la gran cantidad de ceros en el conjunto de datos, son necesarios datos adicionales para hacer declaraciones definitivas sobre la distribución de los escarabajos entre los tipos de hábitat. Se recomienda un estudio de un mínimo de tres meses exclusivamente dentro de la temporada de lluvias. Añadir sitios en los hábitats $R > 30$ y en el bosque primario, tales como a lo largo el sendero Montaña, haría comparaciones más robustas.

La técnica de muestreo podría haber sido mejorada de varias maneras. Puede recogerse más información sobre el hábitat en cada parcela, lo más importante es la textura del suelo, profundidad de la cobertura de hojarasca y cubrimiento del dosel. Esto ayudaría a identificar otros factores además del tipo de bosque que pueden afectar la presencia del escarabajo. Tener datos ambientales adicionales también puede ayudar a explicar la inusualmente alta abundancia en ubicaciones con trampas individuales.

Para reducir el sesgo asociado al tipo de cebo, sería beneficioso para el cebo de estiércol utilizar una muestra de estiércol compuesto de al menos dos personas que consumen una dieta omnívora y estandarizada. Si en el futuro se utilizan cebos adicionales e interceptores de vuelo, los interceptores de vuelo deberán usarse con ambos cebos para una comparación más precisa. Utilizar una malla para el cebo podría ayudar a mejorar la transmisión del olor de la carnada y aumentar la atracción de escarabajo a las trampas.

Sería interesante realizar un estudio similar en las elevaciones más altas de bosques primarios inalterados, tales como sendero Skutch, donde mamíferos grandes, como el Jaguar (*Panthera onca*), son frecuentes.

8 CONCLUSIÓN

Durante este estudio no se pudo encontrar ninguna diferencia discernible en la distribución de escarabajos peloteros entre tipos de hábitat. No hubo diferencias discernibles en la efectividad del estiércol o del plátano fermentado como cebo en este estudio, mientras que el uso de IV aumentó las capturas de algunos géneros. El descenso en la abundancia de escarabajo entre las estaciones húmedas y secas significa que futuros estudios en la reserva deberán centrarse en comparar en las estaciones la distribución de escarabajos coprófagos entre tipos de hábitat para resultados más exactos. Los estudios futuros deben realizarse por un mínimo de tres meses en la temporada de lluvias.

9 AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Reserva Cloudbridge para facilitar la investigación, y el Dr. Keith Philips de Universidad occidental de Kentucky de los recursos y ayuda con la identificación. Gracias también a los varios voluntarios que ayudaron con ajuste de las trampas y a Maria Camila Ortiz Giral por su ayuda con la traducción al español de este informe.

10 REFERENCIAS

- Cambefort, Y., y P. Walter. 1991. Dung beetles in tropical forests in Africa. pp. 198–210 *in* Hanski, I., & Y. Cambefort (eds.). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Cloudbridge Nature Reserve (Cloudbridge). 2017a. Amphibian species list. March 9. <http://cloudbridge.org/wp-content/uploads/2017/03/Amphibian-Species-List-Costa-Rica-9Mar17.pdf>
- Cloudbridge Nature Reserve (Cloudbridge). 2017b. Aves (bird) species list. March 8. <http://cloudbridge.org/wp-content/uploads/2017/03/Bird-Species-List-Costa-Rica-8Mar17.pdf>
- Cloudbridge Nature Reserve (Cloudbridge). 2017c. Invertebrate species list. March 9. <http://cloudbridge.org/wp-content/uploads/2017/03/Invertebrate-Species-List-Costa-Rica-9Mar17.pdf>
- Cloudbridge Nature Reserve (Cloudbridge). 2017d. Mammalian species list. March 9. <http://cloudbridge.org/wp-content/uploads/2017/03/Mammal-Species-List-Costa-Rica-9Mar17.pdf>
- Cloudbridge Nature Reserve (Cloudbridge). 2017e. Squamate (lizard & snake) species list. March 9. <http://cloudbridge.org/wp-content/uploads/2017/03/Lizard-Snake-Species-List-Costa-Rica-9Mar17.pdf>
- Dorneles Audino, L., Louzada, J., y Comita, L. 2014. Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: Is it possible to recover species and functional diversity? *Biological Conservation* 169: 248-257.
- Dunn, R. R. 2004. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. *Conservation Biology* 18: 302- 309.
- Feer, F. 2008. Responses of dung beetle assemblages to characteristics of rain forest edges. *Ecotropica* 14: 49–62.
- Krell, F.T. 2006-2007. Dung beetle sampling protocols. DMNS Technical Report 2007-6
- Larsen, T. H. y Forsyth, A. 2005. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. *Biotropica* 37(2): 322-325.
- Merkel, A. 2017. Climate: Rivas. Climate-data.org. Accessed on: April 11, 2017. <https://en.climate-data.org/location/653940>
- Nichols, E. y Gardner, T. A. 2011. Dung beetles as a candidate study taxon in applied biodiversity conservation research. *In*: Simmons, L. W. and Ridsdill-Smith, J. (eds.), *Dung Beetle Ecology and Evolution*. Wiley-Blackwell.
- Quintero, I. y Roslin, T. 2005. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in Central Amazonia. *Ecology*. 86(12): 3303-3311.
- Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., do Espírito-Santo, M.M., Fernandes, G.W., Powers, J.S., y Quesada, M. 2013. Tropical dry forests in the Americas: The tropi-dry endeavor. *In* *Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation, and Management*. Eds. Sánchez-Azofeifa, A., Powers, J.S., Fernandes, G.W., and Quesada, M. CRC Press: New York.
- Spector, S. 2006. Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, Monograph No. 5:71-83.

Ueda, A. Dwibadra, D., Noerdjito, W.A., Kon, M. y Fukuyama, K. 2015. Comparison of baits and types of pitfall traps for capturing dung and carrion scarabaeoid beetles in East Kalimantan. 14(1): 15-28.

Vaz-de-mello, F.Z., Edmonds, W.D., Ocampo, F.C., y Schoolmeesters, P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). Zootaxa 2854: 1-73.