

COMUNICACIONES

UN EXPERIMENTO DE MONITORIZACIÓN DE LOS ENSAMBLES DE ESCARABAJOS COPRONECRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAYA, PETÉN, GUATEMALA, ANALIZADO POR EL MÉTODO STATIS

Enio B. Cano

Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, zona 12.
ecano2005@gmail.com

Resumen

Por medio de colectas con trampas "pitfall" cebadas con heces de vaca y pescado podrido, hice un muestreo de la fauna de escarabajos copronecrófagos en dos áreas de bosque con extracción selectiva de madera, dos áreas de bosque control y un potrero en la comunidad Bethel, La Libertad, Petén, de noviembre de 1995 hasta agosto de 1996. Establecí una línea base de los ensambles de escarabajos, basado en el Análisis de Correspondencias sin Tendencias (DCA) de 5 eventos de colecta. Un total de 34 especies fueron colectadas entre los cinco sitios (tres hábitats). Aunque *Copris lugubris* y *Pseudocanthon perplexus* fueron representados por uno y dos especímenes respectivamente, otras cuatro especies coprófagas estaban claramente asociadas al potrero: *Onthophagus cyclographus*, *O. marginicollis*, *O. landolti* y *Canthon leechi*. Las otras especies colectadas se asocian a sitios con bosque, ya sea primario o con extracción forestal selectiva. El DCA no detectó diferencias entre los ensambles de escarabajos copronecrófagos colectados en áreas de bosque control y áreas de bosque con extracción forestal selectiva. El análisis de STATIS (Análisis Conjunto de Matrices de Datos Cuantitativos) mostró que los ensambles de escarabajos de potrero tienen una trayectoria muy diferente a la de los bosques. Entre bosques, las diferencias detectadas se relacionan a los tipos de cebo utilizados: los escarabajos coprófagos (trampas con heces) de bosque control y áreas con tala selectiva tienen una trayectoria similar, pero opuesta a la trayectoria de los escarabajos necrófagos (trampas con pescado podrido) de las áreas de bosque control y de tala selectiva. En general, los planos de las trayectorias muestran variación estacional (fenología). Al no encontrar diferencias claras entre los ensambles de bosque y los de áreas bajo extracción, propongo cuatro explicaciones: a) La intensidad del corte selectivo no afecta la diversidad de los ensambles de escarabajos; b) los ensambles de escarabajos no son sensibles a la intensidad del corte selectivo del sitio en Bethel; c) aunque son sensibles a la eliminación del bosque, los escarabajos copronecrófagos no son un grupo sensibles a cambios dentro de áreas con bosque; d) las áreas control están sesgadas debido a que no constituyen verdaderos "bosques primarios". Recomiendo el uso del método STATIS, el cual permite el seguimiento de la evolución y tendencias en el tiempo de los diferentes ensambles de escarabajos y otros grupos taxonómicos en los programas de monitoreo biológico, evitando el frecuente problema de pseudorepetición.

Abstract

Using pitfall traps baited with cow feces and rotten fish, I sampled dung beetles assemblages from two sites under selective hardwoods logging, two forested control sites, and one pasture, at Bethel, La Libertad, Petén, from November 1995 to August 1996. I established a baseline of dung beetles assemblages, based on the Detrended Correspondence Analysis (DCA) over five collecting events. A total of 34 species were collected in the five sites (three treatments). Although *Copris lugubris* and *Pseudocanthon perplexus* were represented by one and two specimens respectively, another four coprophagous species were clearly associated to pasture: *Onthophagus cyclographus*, *O. marginicollis*, *O. landolti* and *Canthon leechi*. The rest of collected species were associated to sites of primary forests (controls) or under selective logging. DCA does not indicate differences between assemblages of copronecrophagous beetles collected in areas of controls and areas under selective logging. Using multivariate method of STATIS (Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique, from the original French) show that assemblages of scarabs collected at pastures have an opposite trajectory to that of the forested treatments. Between forests, differences are related to bait: coprophagous scarabs (traps with cow dung) of control forests and sites under selective logging have a similar tra-

jectory, but opposite to necrophagous scarabs (traps with rotten fish) of control forests and under selective logging sites. In general, the principal plane of trajectory show changes interpreted as due to seasonality (phenology). Without clear differences between assemblages of scarabs of forested and under selective logging areas, I propose four explanations: a) Intensity of selective logging does not affect the diversity of dung beetles assemblages; b) assemblages of dung beetles are not sensitive selective logging intensity at Bethel; c) although sensitive to forest elimination, dung beetles are not sensitive to changes between forested areas; and d) control areas are biased because are not really “primary forest”. I recommend the use of the STATIS method in order to explain evolution and tendencies of assemblages along time of dung beetles and other taxonomic groups considered in biological monitoring programs, avoiding the frequent problem of pseudoreplication.

Contenido

Introducción

La Reserva de la Biósfera Maya (RBM), localizada en el norte del departamento de Petén, Guatemala, fue creada en 1990 y tiene cerca de 1.5 millones de hectáreas (Figura 1). Actualmente las prácticas de manejo incluyen: corte selectivo de maderas preciosas (principalmente caoba y cedro), agricultura trashumante (principalmente para producir maíz y frijol), ganadería extensiva, extracción de productos no maderables del bosque (e.g., cacería, recolecta de palmas de “xate” y extracción de chicle y pimienta), extracción de petróleo y actividades turísticas (CONAP 1996). Se han documentado actividades ilegales como migración ilegal, contrabando, narcotráfico y depredación de recursos naturales y arqueológicos. La deforestación de la RBM (excluyendo la zona de amortiguamiento) se incrementó de 0.04% entre los años 1986-1990 y 1990-93 hasta 0.36% entre 1995-1997 (Sader *et al.* 2001). Las

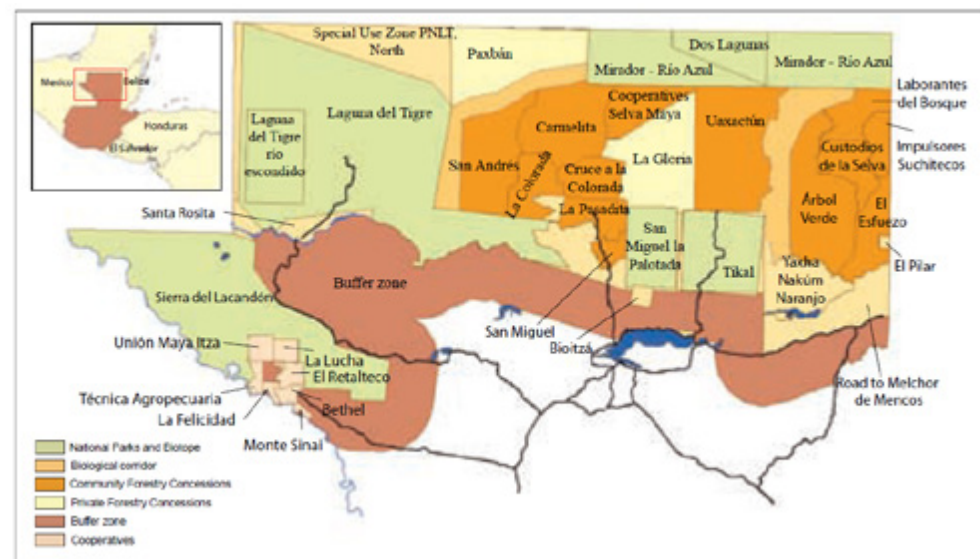


Figura 1. Concesiones comunitarias en la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala.
Fuente: CEMEC-CONAP.

tasas y tendencias de destrucción del bosque detectadas por el satélite *Land-sat* de mediados de la década de 1980 hasta mediados de la década de 1990, indica que la expansión de la agricultura está ahora bien establecida en la zona de amortiguamiento y ha llegado a traspasar los límites dentro de la RBM a lo largo de los ríos y corredores (Sader *et al.* 2001).

La explotación de los recursos naturales en la RBM ha sido un tema ampliamente debatido públicamente. Sin embargo, las políticas de explotación parecen no estar relacionadas al estudio científico de las prácticas de manejo de la reserva. En consecuencia, aparte del uso intensivo del bosque en la RBM (aproximadamente 445804 ha son manejadas por concesiones forestales comunitarias, de acuerdo a Gómez & Méndez 2005), existen muy pocos estudios, publicados o no, que documenten, apoyen, desaprobren o critiquen esas actividades (e.g. Orantes (1995), Morales (1993), Escobar (1995), Méndez (1997), The Peregrine Fund (1990, 1992) y Nations *et al.* (1999)) por lo cual ese tipo de estudios deben ser apoyados.

Así, el establecimiento de programas de monitorización utilizando indicadores biológicos, es imperativo considerando la acelerada destrucción de los bosques tropicales y la extinción de las especies. La monitorización a largo plazo de especies seleccionadas puede identificar cambios en la diversidad biológica, permitiendo el ajuste a tiempo de las actividades de manejo, a fin de revertir o evitar las tendencias no deseadas (Sparrow *et al.* 1994). La monitorización se enfoca en cambios temporales en la biota y debe ser usada por los maneja-

dores de recursos para evaluar el éxito de sus políticas y objetivos de conservación (Sparrow *et al.* 1994). Los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) (Figura 2), han sido propuestos por Halffter & Fávila (1993) como indicadores para el estudio de los aspectos básicos de la biodiversidad in los bosques tropicales y para la monitorización de los efectos de la alteración antropogénica del paisaje. De acuerdo a Halffter & Fávila (1993), los escarabajos copronecrófagos constituyen un ensamble bien definido y en años recientes se ha demostrado que son muy sensibles a la destrucción de los bosques tropicales en América Latina (Howden & Nealis 1975, Peck & Forsyth

1982, Klein 1989, Halffter *et al.* 1992). Lo fácil de su recolección y el alto número de especies en una localidad lo hace un taxón adecuado para responder algunas preguntas asociadas a las perturbaciones antropogénicas (Halffter & Fávila 1993, Nichols & Gardner 2011).

En Guatemala, a pesar de que existen varios programas de monitorización (e.g. Oliva 2010), existen serios problemas a la hora de analizar los datos debido principalmente a problemas del diseño experimental y a que los datos no se analizan con los métodos adecuados. De ahí que muy pocos estudios han sido publicados.

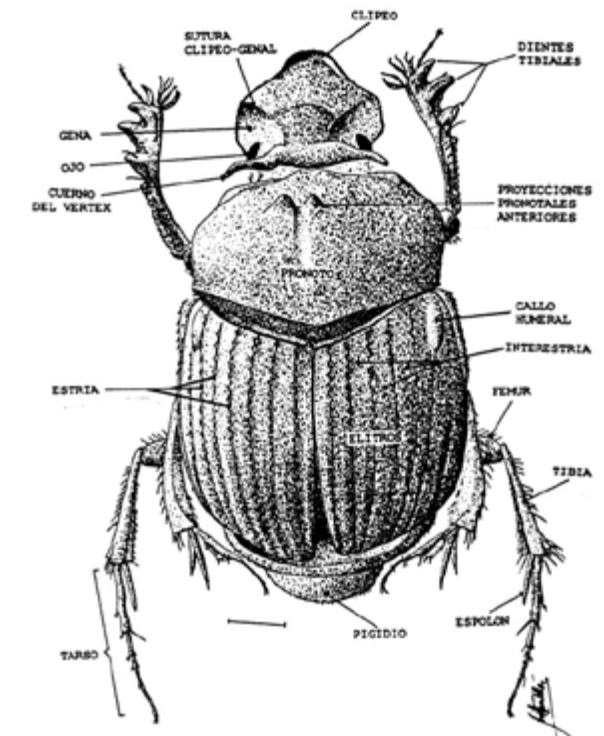


Figura 2. El escarabajo *Onthophagus maya*, vista dorsal.
Dibujo de Ariel Castillo, reproducido con permiso. Línea = 1mm.

Aquí presento un experimento de monitorización realizado en la Reserva de la Biósfera Maya, analizado por el método STATIS (Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique, del original en francés) a fin de estudiar los cambios y tendencias en el tiempo de los ensambles de escarabajos copronecrófagos en la RBM en bosques bajo extracción forestal selectiva comunitaria, áreas de potreros y bosques control.

Materiales

Sitio de estudio en Bethel, La Libertad, Petén.

La comunidad Bethel se localiza en el municipio de La Libertad, Petén, cerca de la frontera con México (Figura 1 y 3). La precipitación anual es de 1779.59 mm con 25°C de temperatura promedio. Los suelos son cambisoles (series Quinil y Chacalte según Simmons *et al.* (1959)), profundos, de color café rojizo oscuro, con alto contenido de arcilla y de moderada a baja fertilidad. La vegetación se clasifica como "selva alta subperenifolia" *sensu* Miranda (1978), incluyendo un tipo de vegetación estacionalmente inundable llamada "akalchés" o "bajos" (Lundell 1937). La vegetación está compuesta principalmente por *Alseis yucatanensis*, *Orbygnia cohune*, *Brosimum alicastrum*, *Sabal mexicana*, *Dialium guianense*, *Pouteria* sp., *Bursera simaruba*, *Coccoloba* sp., *Calophyllum brasiliense*, *Sebastiania longicuspis* y *Vitex gaumeri*. Las especies de árboles comerciales más importantes son: *Swietenia macrophylla*, *Pithecelobium arboreum*, *P. leuocalyx*, *Cedrela odorata*, *Vatairea lundelli*, *Platymiscium dimorphandrum*, *Calophyllum brasiliense*, *Bombax ellipticum*, *Terminalia amazonia* y *Schizolobium pa-*

rahybum. El sitio fue documentado por Mendez (1997).

Diseño experimental y muestreo

La tala selectiva de maderas preciosas del área de estudio fue ejecutada por la comunidad en 1994 en el sitio 1 (Figura 3) con 232 árboles cortados en 100 has; y en 1995 en el sitio 2 (Figura 3) con 127 árboles cortados en 120 ha (Méndez 1997). Los controles consistieron en dos áreas de bosque no cortadas, con algunas actividades humanas (e.g. extracción de productos no maderables). Un extenso potrero (área ha) mantiene aproximadamente 1000 cabezas de ganado. El muestreo se realizó en cinco sitios (Figura 3): dos bosques contiguos ("controles"), dos bosques de diferente edad bajo tala selectiva y un potrero o pastizal (Figura 3). Este es un diseño sin réplicas, implementado para cubrir los

requerimientos de los comunitarios.

En cada sitio de muestreo se colocaron 10 trampas pitfall separadas 20 metros con cebos alternados. El cebo consistió en 200 ml de heces frescas de vaca y 20g de pescado podrido por dos a tres días. Las trampas son del tipo "A" descritas en Halffter & Fávila (1993) que consisten en recipientes plásticos de 16 onzas de 11cm de diámetro en la tapadera y 10 cm de profundidad, con una abertura triangular en la tapadera (2.5x2.5x2.5cms). Las trampas se colocaron en la mañana (0800-1000) y se recogieron hasta la mañana del día siguiente (0800-1000). Todos los especímenes fueron preservados en propanol al 80% para identificación en el laboratorio y se encuentran depositados en la Colección de Artrópodos de la Universidad del Valle de Guatemala.

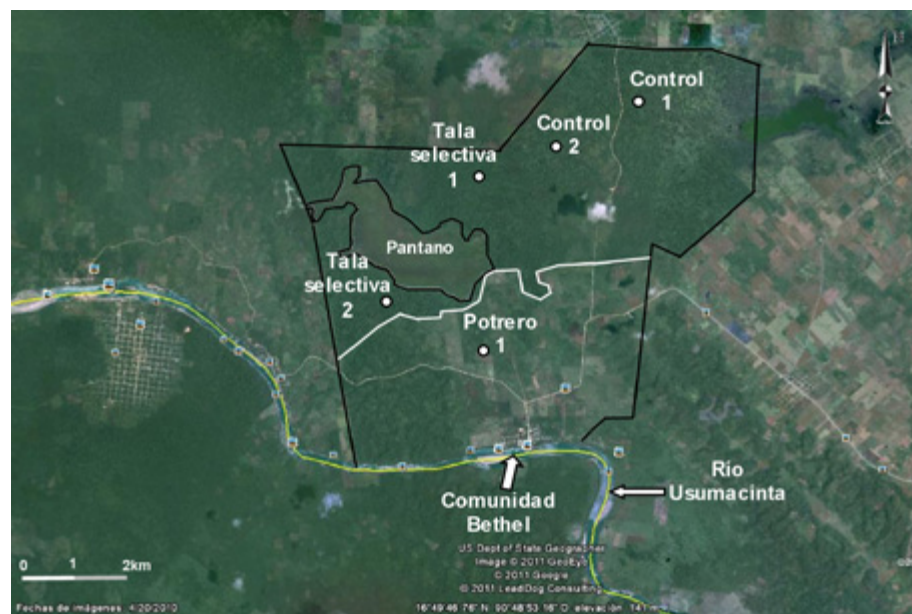


Figura 3. Diseño experimental en Bethel. Puntos blancos= sitios de muestreo. Fuente: Google Earth. Image from 20 IV 2010.

Línea base, monitorización y análisis de datos

Se estableció una línea base de especies y asociación de hábitat, basado en el material colectado de julio a noviembre de 1995. Los datos fueron unificados y analizados por medio del Análisis de Correspondencias sin Tendencias (Detrended Correspondence Analysis, DCA), utilizando el programa PCOrd 4.25 (McCune & Mefford 1999). A fin de deducir las tendencias de las trayectorias en el tiempo de los tratamientos y para evitar el severo problema de segregación espacial (Hurlbert 1984) inherente al diseño experimental, analicé los datos de las recolectas de noviembre de 1995, julio de 1996 y agosto de 1996 con el módulo STATIS del programa PIMAD (Rodríguez 1998). El método STATIS (Análisis Conjunto de Matrices de Datos Cuantitativos) permite interpretar matrices de datos de tres índices: un índice para las unidades de muestreo (SU's), un segundo índice para las variables (e.g., las diferentes especies) medidas en las SU's y un tercer índice para los diferentes instantes en el tiempo en que hicieron las mediciones (Varela & Rodríguez 1995). El objetivo es analizar las similitudes y diferencias en el tiempo (trayectorias) a través de las configuraciones de unidades de muestreo y las relaciones entre las diferentes especies, en el plano cartesiano.

Resultados

Línea base de los ensambles de escarabajos copronecrófagos

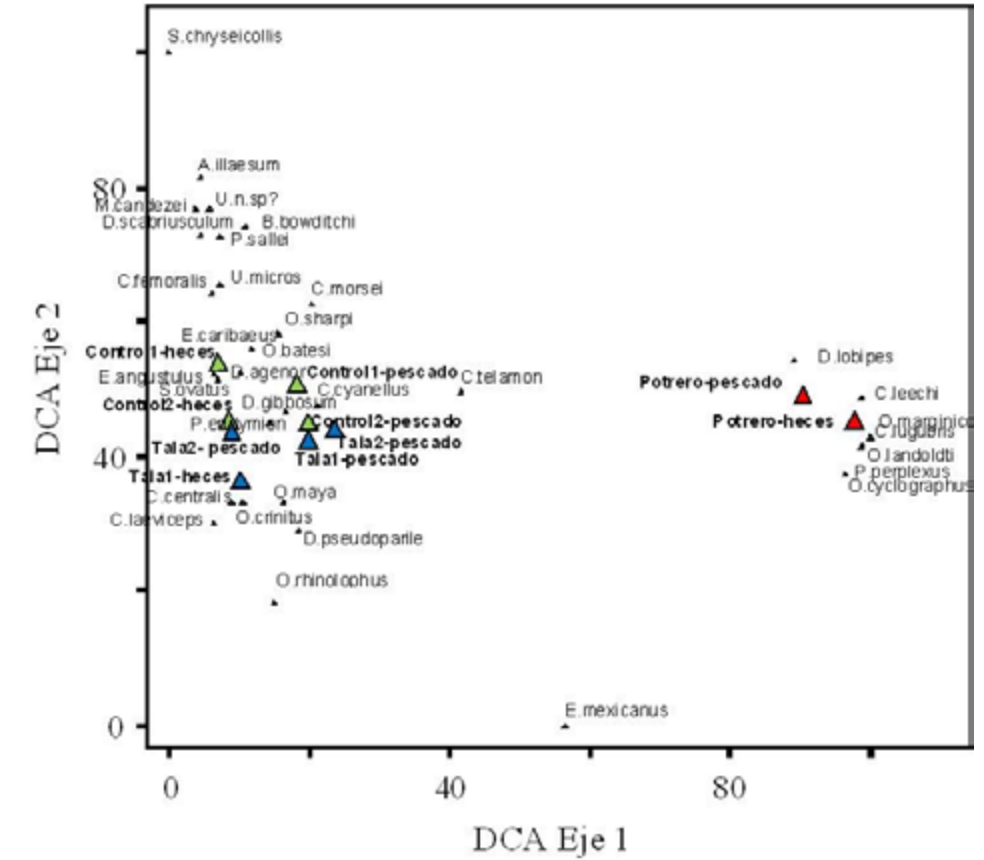
Para el sitio de Bethel se recolectan 34 especies de Scarabaeinae (Cuadro 1). El Análisis de Correspondencias sin Ten-

dencias de los datos de cinco meses de recolecta en Bethel (Figura 4) muestra una clara asociación entre los potreros, trampas con heces de vaca, y las siguientes especies: *Pseudocanthon perplexus*, *Onthophagus cyclographus*, *O. marginicollis*, *O. landolti*, *Canthon leechi* y *Copris lugubris*. La especie *Deltochilum lobipes* estuvo asociada a trampas con pescado podrido, en potreros. Se debe anotar que *Copris lugubris* y *P. perplexus* fueron representados sólo por uno y dos especímenes respectivamente (Cuadro 1). El resto de las especies encontradas en Bethel estuvieron relacionadas con los bosques control y los bosques bajo extracción selectiva de madera: *Onthophagus crinitus*, *O. maya*, *O. sharpi*, *Copris laeviceps*, *Deltochilum gibbosum*, *Canthon cyanellus*, *Eurysternus maya*, *E. angustulus*, *Canthidium centrale*, *Phanaeus endymion*, *Coprophanaeus telamon*, *Scatimus ovatus*, *Dichotomius agenor*, *Uroxys micros*, *O. batesi*, *C. femoralis*, *Bdelyopsis bowditchi*, *P. sallei*, *C. morsei*, *M. candezei*, *Ateuchus illaesum*, *Uroxys* sp., *D. scabriusculum*, *D. pseudoparile* y *O. rhinolophus*. Solamente un espécimen de *Sulcophanaeus chryseicollis* fue recolectado (Cuadro 1). *Eurysternus mexicanus* fue abundante en un sitio bajo tala selectiva aunque en otras áreas (incluyendo el potrero) se recolectaron unos pocos especímenes (Cuadro 1). La dramática reducción de la abundancia y diversidad de escarabajos copronecrófagos que se encontró en Bethel, también ha sido discutida para otros bosques tropicales en América Latina (e.g. Howden & Nealis 1975, Halffter 1992, Halffter & Fávila 1993). Por otro lado, es difícil notar diferencias marcadas entre los ensambles de escarabajos copronecrófagos de los dos tratamientos con bosque (controles y extracciones), como se muestra en la Figura 4.

| Especies/Hábitat | CL1-Total | CL2-Total | EX1-Total | EX2-Total | POT-Total |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Ateuchus illaesum</i> | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Bdelyopsis bowditchi</i> | 73 | 43 | 3 | 26 | 0 |
| <i>Canthidium centrale</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Canthon cyanellus</i> | 140 | 228 | 179 | 154 | 4 |
| <i>Canthon femoralis</i> | 7 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Canthon morsei</i> | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| <i>Canthon leechi</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 |
| <i>Copris laeviceps</i> | 97 | 173 | 161 | 81 | 0 |
| <i>Copris lugubris</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Coprophanaeus telamon</i> | 30 | 34 | 35 | 14 | 5 |
| <i>Deltochilum gibbosum</i> | 11 | 9 | 16 | 6 | 0 |
| <i>Deltochilum lobipes</i> | 5 | 1 | 1 | 17 | 12 |
| <i>Deltochilum pseudoparile</i> | 0 | 46 | 104 | 60 | 0 |
| <i>Deltochilum scabriusculum</i> | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Dichotomius agenor</i> | 26 | 14 | 5 | 21 | 0 |
| <i>Eurysternus angustulus</i> | 22 | 18 | 19 | 11 | 0 |
| <i>Eurysternus maya</i> | 102 | 80 | 91 | 51 | 0 |
| <i>Eurysternus mexicanus</i> | 2 | 0 | 22 | 2 | 2 |
| <i>Megathoposoma candezei</i> | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Onthophagus batesi</i> | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 |
| <i>Onthophagus sharpi</i> | 32 | 14 | 13 | 7 | 0 |
| <i>Onthophagus crinitus</i> | 37 | 35 | 60 | 33 | 0 |
| <i>Onthophagus landolti</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| <i>Onthophagus marginicollis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Onthophagus maya</i> | 1 | 35 | 16 | 15 | 0 |
| <i>Onthophagus rhinolophus</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Onthophagus cyclographus</i> | 0 | 4 | 0 | 2 | 23 |
| <i>Phanaeus endymion</i> | 11 | 31 | 15 | 10 | 0 |
| <i>Phanaeus sallei</i> | 26 | 18 | 3 | 1 | 0 |
| <i>Pseudocanthon perplexus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Scatimus ovatus</i> | 9 | 26 | 5 | 6 | 0 |
| <i>Sulcophanaeus chryseicollis</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Uroxys micros</i> | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Uroxys sp.</i> | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Cuadro 1. Datos de abundancia relativa para tres momentos de recolecta de especímenes en la Comunidad Bethel, La Libertad, Petén. Datos sacrificados para fines de obtención de la línea base.

Figura 4. Análisis de Correspondencias sin Tendencias (DCA) de los ensambles de escarabajos de la comunidad Bethel. Los triángulos coloreados indican los puntos de muestreo y los triángulos negros pequeños las especies de escarabajos asociadas a esos sitios. Triángulos rojos = potrero; triángulos verdes = bosques control; triángulos azules = tala selectiva.



Monitorización con STATIS: un experimento de trayectorias

La figura 5 muestra el plano principal de trayectoria de los ensambles de escarabajos de los tres tratamientos (controles, tala selectiva y potrero). Los cambios a través del tiempo se pueden observar en los tres tratamientos (largas flechas rojas en la Figura 5); esos cambios probablemente indican estacionalidad.

Los potreros tienen una trayectoria opuesta (correlación negativa con la primera componente principal), como se nota en la Figura 5. Es notable que los ensambles recolectados con carroña vrs los recolectados con heces de vaca, presentan una trayectoria opuesta (lí-

neas rojas en la Figura 5), con respecto a la primera componente principal.

Sin embargo, la trayectoria de los escarabajos necrófagos (trampas con pescado podrido) fue casi la misma para los bosques control como para los bosques de tala selectiva. La misma tendencia se observa para la trayectoria de los escarabajos coprófagos en cuanto a estos dos últimos tratamientos (trampas con heces de vaca). Así, los resultados no muestran claras diferencias entre los ensambles de escarabajos de las áreas con bosque control y las áreas bajo extracción selectiva de madera.

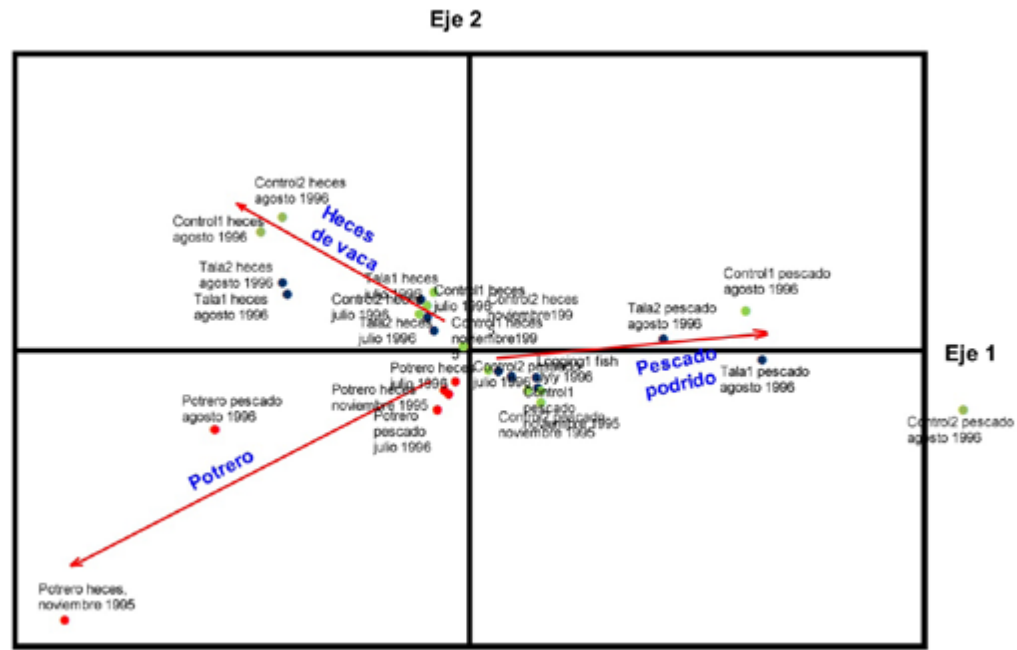


Figura 5. Resultados del Análisis STATIS. Plano principal de las trayectorias de los ensambles de escarabajos de los sitios de muestreo en Bethel, entre noviembre de 1995 y agosto de 1996. Puntos verdes= Bosques control; puntos azules= bosques con tala selectiva; puntos rojos= potreros. Porcentaje de inercia = 78.157166. Datos originales disponibles si son requeridos.

Discusión

Los resultados aportados por el método STATIS demuestran que existen cambios temporales en los ensambles de escarabajos, así como diferencias asociadas al tipo de cebo y a la destrucción del bosque (la disminución de la diversidad por conversión a potreros).

Pero más interesantes son los resultados en relación a la actividad antropogénica de tala selectiva que no muestra diferencias en relación al bosque no perturbado. Para esos resultados en el experimento de monitorización, analizados por el método STATIS (Figura 5), sugiero al menos cuatro explicaciones posibles: a) La intensidad del corte selectivo de Bethel, no afectó la diversidad de los ensambles de escarabajos copronecrófagos (no hay efecto antropogénico); b) los ensambles de escarabajos copronecrófagos no son sensibles a la intensidad del corte selectivo en Bethel (no son buenos indicadores); c) aunque

sensibles a la eliminación del bosque (i.e. transformación a pastizales o campos de cultivo), los escarabajos copronecrófagos no son sensibles a los cambios entre áreas con cobertura forestal (sensibilidad limitada), d) Las áreas control están sesgadas debido a que no constituyen verdaderos "bosques primarios" (problema de diseño experimental).

En todo caso, los resultados demuestran que se puede analizar la trayectoria de un experimento de monitorización, de una manera sencilla y visual. Hasta la fecha ningún estudio de monitorización (química o biológica) realizado en Guatemala ha utilizado este método. En la monitorización biológica, ya sea de corto o de largo plazo, casi siempre se utilizan datos de tres diferentes variables, una variable de los sitios de muestreo, una variable que representa las especies encontradas en esos sitios y una tercera variable que representa los diferentes momentos en los cuales

ocurrieron los muestreos. Bajo un buen diseño experimental se espera que los resultados se analicen con métodos paramétricos, como por ejemplo, el Análisis de Varianza de Medidas Repetidas. Sin embargo, cuando los experimentos presentan problemas de diseño, el uso de métodos estadísticos que asumen independencia de las unidades de muestreo, causa problemas de pseudo-repetición. El problema de la pseudo-repetición, definido por Hurlbert (1984) como "*the use of inferential statistics to test for treatment effects with data from experiments where either treatments are not replicated (though samples may be) or replicates are not statistically independent*", es relativamente frecuente en los estudios ecológicos en el campo (Hargrove & Pickering 1992). En este contexto, el uso de métodos que no asumen independencia como las Series de Tiempo y el método STATIS abren una ventana al problema de análisis de estudios de monitorización biológica. El

método STATIS es una generalización del Análisis de Componentes Principales (Abdi & Valentin 2007), cuyo objetivo es 1) comparar y analizar las relaciones entre los diferentes grupos de datos, 2) combinarlos en una estructura común llamada "compromiso" la cual se analiza por medio del Análisis de Componentes Principales a fin de revelar la estructura común entre las observaciones y finalmente 3) proyectar cada uno de los grupos de datos originales en el compromiso para analizar las discrepancias y atributos en común. En la Figura 5, se observa la clasificación de los sitios de muestreo proveída por el método STATIS -un resultado que también puede ser obtenido por el Análisis de Componentes Principales- pero además se observa la trayectoria en el tiempo de los ensambles de escarabajos en las unidades de muestreo. Así, la gráfica producto del STATIS (Figura 5) representa la dinámica de la diversidad de escarabajos de las áreas de potrero, bosque y de extracción forestal selectiva y no únicamente la descripción de un único evento en el tiempo. Así, recomiendo el uso del método STATIS para poder explicar la evolución y tendencias en tiempo de los ensambles de escarabajos copronecrófagos y otros grupos taxonómicos considerados en los programas de monitorización biológica en Guatemala.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Areas Protegidas de Guatemala (CONAP) por el apoyo financiero y los permisos de investigación y colecta. Agradezco al Centro de Estudios Conservacionistas (CECON-USAC) y especialmente al Licenciado Claudio Méndez por el apoyo y la logística del proyecto. Agradezco los comentarios y sugerencias de Jack Schuster y un revisor anónimo, quienes ayudaron a mejorar sustancialmente este trabajo.

Literatura citada

- Abdi H. & D. Valentin. 2007. The STATIS method. Pp. 2-17. En: N. Salkind (ed.) Encyclopedia of Measurement and Statistics. Thousand Oaks, California.
- CONAP. 1996. Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya. Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP)-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 39pp.
- Escobar, A.L. 1995. Diversidad y densidad de plantas con potencial de uso sustentable en el Bosque Húmedo Tropical, Petén, Guatemala. Tesis Licenciatura en Biología, Universidad del Valle de Guatemala. 84pp.
- Gómez, I. & E. Méndez. 2005. Association of forest communities of Petén, Guatemala. Context, accomplishments and challenges. Center for International Forestry Research, Indonesia. 41pp.
- Halffter, G. & M.E. Fávila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, 27: 15-21.
- Halffter, G., M.E. Fávila & V. Halffter. 1992. Comparative studies on the structure of scarab guild in tropical rain forest. *Folia Entomológica Mexicana* 84: 131-156.
- Hargrove, W.H. & J. Pickering. 1992. Pseudoreplication: a sine qua non for regional ecology. *Landscape Ecology* 6(4): 251-258.
- Howden, H.F. & V.G. Nealis. 1975. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). *Biotrópica* 7: 77-83.
- Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2): 187-211.
- Klein, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70(6): 1715-1725.
- Lundell, C.L. 1937. The vegetation of Petén. Carnegie Institution of Washington 478(I-IX): 1-244.
- McCune, B. & M.J. Mefford. 1999. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.25. MjM Software, Glenden Beach, Oregon.

Méndez, C.A. 1997. Diseño de un programa de monitoreo biológico a largo plazo mostrado a través de un estudio de caso: El corte selectivo del bosque en la Cooperativa Bethel Bethel, La Libertad, Petén. Tesis Licenciatura en Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. 89pp.

Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. SARH- Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Cap. VI, 215-271.

Morales, J.R. 1993. Caracterización etnozoológica de la actividad de cacería en la comunidad de Uaxactún, Flores, El Petén. Tesis, Licenciatura en Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Nations, J.D., C.J. Rader & I.Q. Neubauer (eds). 1999. Thirteen ways of looking at a tropical forest Guatemala's Maya Biosphere Reserve. Conservation International, Washington. 108pp.

Nichols, E.S. & T.A. Gardner. 2011. Dung beetles as a candidate study taxon in applied biodiversity conservation research. Pp. 267-291. En: L.W. Simmons & T.J. Ridsdill-Smith (eds.). Ecology and evolution of dung beetles. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. 347pp.

Oliva, P. 2010. Deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala. Un aspecto ambiental que limita el desarrollo. Revista Científica, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 18(1): 1-10.

Orantes, A.P. 1995. Comparación y caracterización preliminar de 3 etapas sucesionales de bosque secundario, en campos abandonados después de cultivar maíz, en la Reserva de la Biósfera Maya. Tesis, Licenciatura en Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 87pp.

Peck, S.B. & A. Forsyth. 1982. Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera; Scarabaeinae). Canadian Journal of Zoology 60: 1624-1634.

Rodriguez, O. 1998. PIMAD 3.0. Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Sader, S.A., D.J. Hayes, J.A. Hepinstall, M. Coan & C. Soza. 2001. Forest change monitoring of a remote biosphere reserve. Int. J. Remote Sensing 22(10):1937-1950.

Simmons, C., J. Tarano & J. Pinto. 1959. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Editorial José de Pineda Ibarra. 1000 pp + map.

Sparrow, H.R., T.D. Sisk, P.R. Ehrlich & D.D. Murphy. 1994. Techniques and Guidelines for Monitoring Neotropical Butterflies. Conservation Biology 8(3):800-809.

The Peregrine Fund. 1990. Maya project: use of raptors as environmental indices for design and management of protected areas and for building local capacity for conservation in Latin America. Progress report III. W.A. Burnham, D.F. Whitacre & J.P. Jenny, eds. The Peregrine Fund Inc. Boise, Idaho. 201pp.

The Peregrine Fund. 1992. Uso de aves rapaces y otra fauna como indicadores del medio ambiente, para el diseño y manejo de áreas protegidas y para fortalecer la capacidad local para la conservación en América Latina. Progress report V. D.F. Whitacre & R.K. Thorstrom, eds. The Peregrine Fund Inc. Boise, Idaho. 284pp.

Varela, J.G. & O. Rodriguez. 1995. Algoritmo e implementación del método STATIS. In: J. Trejos (ed.). Mem. IX Simposio Métodos Matemáticos Aplicados a las Ciencias, Turrialba, Costa Rica, 15-17 feb. 1995. Pp. 49-56.