

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLÓGÍA**

**REGISTRO DEL SERVICIO SOCIAL
POR INVESTIGACIÓN**

**DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS
(SCARABAEINAE; APHODIINAE; GEOTRUPINAE) DE UN BOSQUE
TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Vega Uribe Itzia Laura

2143061378

ASESOR NITERNO

Dr. Jorge Ignacio Servín Martínez
No. Económico: 32615



ASESOR EXTERNO

Dr. Aristeo Cuauhtémoc Deloya López
Instituto de Ecología, A.C.



Ciudad de México, México.

Diciembre de 2021

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	3
1.1 MARCO TEÓRICO.....	4
1.2 ANTECEDENTES	6
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
II. OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	7
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	7
2.3 HIPÓTESIS	7
III. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	8
3.2 MUESTREO	8
IV. RESULTADOS	11
4.1 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD	11
4.2 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD	13
4.3 CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES Y RAREFACCIÓN	15
4.4 RANGO ABUNDANCIA (RA)	16
5 METODOS DE CLASIFICACION Y ORDENACION	17
V. DISCUSIÓN	19
ENDEMISMO	21
VI. RECOMENDACIONES	22
VII. CONCLUSIONES	23
V.III REFERENCIAS	24

I. INTRODUCCIÓN

Los insectos responden a prácticas de manejo del suelo en escalas temporales de meses o años, y al resultado de perturbaciones físicas o de distribución de residuo (Favila y Halffter, 1997; Zerbino, 2010). Se han elaborado diversos estudios sobre macrofauna edáfica o de suelos, en los que trabajos de análisis de diversidad de las comunidades han destacado (Brown *et al.*, 2001). Actualmente la comunidad se considera como, una agrupación de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio-tiempo y pueden ser influenciadas o causadas por las interacciones entre las especies y las fuerzas físicas del medio ambiente que las rodea (Begon *et al.*, 1999; Vellend, 2016). Sin embargo, debido a la complejidad no solo del medio físico, sino también de los organismos, de las técnicas de captura e identificación, los investigadores se ven forzados a estudiar comunidades focales (Culti-Medina y Escobar, 2019; Amat-Garcia, 2007; Vellend, 2016). Este trabajo se enfocará en la comunidad de escarabajos coprófagos o estercoleros pertenecientes de las subfamilias Scarabaeinae, Aphodiinae (Scarabaeidae) y Geotrupinae, (Halffter y Matthews 1966; Halffter, 1991; Morón, 2003) utilizando la clasificación propuesta por Lawrence y Newton (1995) (Kolman y Morón, 2003; Bouchard *et al.*, 2011).

La importancia de estas subfamilias radica en el aspecto biológico, ecológico y económico debido a su relación con el estiércol como fuente alimentación, reproducción y desarrollo preimaginal (Endocopridos, Paracopridos -cavadores- y Telecopridos -rodadores-) (Halffter y Edmonds, 1982; Halffter, 1991; Morón, 1999; Amézquita, 2020), por lo tanto, la presencia de excremento de mamíferos es un factor determinante para su presencia y abundancia (Halffter y Matthews 1966; Halffter, 1991; Favila, 2001; Morón, 2003; Martínez *et al.*, 2011).

Las funciones especializadas de los escarabajos estercoleros en la integración del recurso, ritmos ambientales y fisiológicos, permite generar patrones de actividad muy marcados, así como conocer sus abundancias y distribución (Noriega *et al.*, 2008; Noriega *et al.*, 2012), ya que acceden al aprovechamiento del recurso de diferentes formas, de tal manera que reducen las interacciones negativas

como puede ser la competencia intra e interespecífica (Amézquita, 2018). Existen también, evidencias de diferentes estrategias para acceder al recurso en diferentes tiempos, así como la capacidad de mantenerlo y defenderlo mediante estrategias de relocalización del recurso (rodadodres, cavadores) y estrategias de cuidado parental (Halfpter, 1991; Hanski y Cambefort, 1991; Favila, 2001; Huerta *et al.*, 2018; Amézquita, 2018). Los escarabajos estercoleros usan, por lo general, estiércol de una a cuatro semanas dependiendo del tiempo que este retenga la humedad, ya que la producción de huevos es muy sensible a los cambios estacionales, así por ejemplo, su calidad se ve influenciada por las especies de plantas y lluvia, que afecta el crecimiento de las plantas de las cuales se alimentan los animales (Resh y Cardé, 2009), pero donde quiera que ocurra la competencia por el estiércol, será feroz, los escarabajos estercoleros están entre los primeros en llegar a la boñiga fresca y a veces por miles de ellos (Grimaldi y Engel, 2005).

1.1 MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Halfpter y Matthews (1966), los escarabajos estercoleros viven en un mundo de olfato y tacto casi exclusivamente, su relación con el ambiente se ve influenciada por la temperatura, que es un estimulante para el rodamiento y en el caso para Aphodiinae el microclima y la insolación, la cual fomenta la actividad del escarabajo, tanto que hasta la sombra de una nube puede llegar afectar esta actividad y la relación humedad-lluvia, ya que esta puede generar efectos negativos debido a que los organismos se entierran en el suelo para protegerse de los vientos y la lluvia, algo muy importante a tener en cuentas es también, la abundancia de mamíferos.

En cuanto a la distribución, Scarabaeinae presenta mayor abundancia y diversidad en climas de zonas áridas y bosques tropicales de hojas perennes, sin embargo, en el hemisferio norte es raro encontrarlos en bosques de *Abies*, *Pinus*, *Juniperus* o zonas de alta montaña, estos lugares son habitados en su mayoría por las subfamilias Geotrupinae y Aphodiinae.

Los Scarabaeinae son especies que habitan en casi todos los ambientes desde el nivel del mar hasta los 3,500 msnm, la mayoría presenta hábitos

coprófagos, algunas necrófagas, otras consumen *detritus* vegetales (Morón, 2000). Son casi exclusivas de bosques tropicales de hojas perennes, se consideran especies estenotípicas y estrictamente limitadas al bioma, aunque las especies de los géneros *Copris* y *Onthophagus* se encuentran en las praderas, así como en el bosque mixto (Halffter y Matthews, 1966).

Los Aphodiinae son especies que se alimentan de diferentes tipos de excremento o materia vegetal en descomposición, otras solamente de excrementos de venados, tortugas o roedores (Deloya, 2003). Estas especies se encuentran en altitudes medias (250 a 3,200 msnm), con temperaturas desde los 9.7°C – 25.3°C y las precipitaciones medias de los 23 a los 2,060 mm, con una mayor preferencia sobre zonas montañosas, climas templados, fríos y húmedos (Cabrero *et al.*, 2010).

Los Geotrupinae, se encuentran distribuidos en altitudes entre los 1,500 a 3,200 msnm, se pueden encontrar en zonas con una precipitación entre los 500 – 2,000 mm y temperatura entre los 14°C – 22°C (Trotta *et al.*, 2008). En climas templados, los escarabajos nidifican desde finales de la primavera hasta principios del verano, después de salir del nido se someten a un periodo de alimentación para la maduración de sus órganos reproductores que se prolonga hasta la primera parte de la primavera en climas tropicales, que inicia al comienzo de las lluvias (Halffter y Matthews 1966; Zerbino, 2010).

La distribución geográfica de los Scarabaeinae ha ido en aumento con los años, estimando 281 géneros y 2242 especies de la superfamilia Scarabaeoidea. De acuerdo con la distribución de especies de Aphodiinae en México son 73 géneros con 276 especies, mientras que los Scarabaeinae 26 géneros y 333 (Deloya *com pers*), marcando que para el estado de Durango se tiene una lista de 50 spp en 20 géneros (presentado en la RELAS de GDL; Deloya *com pers*, 2022). Los lugares con una mayor endemidad se distribuirían principalmente por el Sistema Volcánico Transversal donde suelen ser más comunes, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y, en menor grado, por la Sierra de Chiapas, zonas norte y sur de la Sierra Madre Oriental y norte de la Sierra de California. Existen 27 especies exclusivas de la región Neártica (Cabrero *et al.*, 2007; 2010).

Los Geotrupidae se encuentran distribuidos en México y para el estado de Durango con 10 especies con un estimado de Chao2 de 13 especies (“GeoMex”, Trotta *et al.*, 2008).

1.2 ANTECEDENTES

Morón y Deloya (1991), han realizado contribuciones para describir la fauna de coleópteros Scarabaeoidea de la Zona de Transición Mexicana (ZTM), en diversas localidades de algunos estados de México. En la Reserva de la Biosfera “La Michilía” se realizaron estudios de la superfamilia Scarabaeoidea (1976, 1979, 1986 y 1988), mediante colectas sistemáticas intensivas, mensuales y estacionales, utilizando trampas de luz, necro-trampas permanentes NTP-80 y coprotrampas temporales, y capturas directas, obteniendo 78 especies y 30 géneros. Posteriormente, Lobo y Deloya (1993), utilizaron los resultados publicados por Morón y Deloya (1991) y analizando sus resultados para evaluar el esfuerzo de muestreo (número de especies capturadas y esperadas), obtuvieron que solo se capturó el 65% ($N_{esperada} = 120$) de las especies de coleópteros Scarabaeoidea de la Michilía, Durango.

Anduaga (2000), realizó un estudio de los escarabajos (superfamilia Scarabaeoidea) asociados con los hongos en la localidad de “Piedra Herrada”, Reserva de la Biosfera “La Michilía”, durante la temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre). Registró un total de 78 macromicetos en descomposición y 1,077 ejemplares adultos pertenecientes que representan a 42 especies (Geotrupinae 4 especies; Aphodiinae 3; Scarabaeinae 35), de las cuales seis son eurifagas (coprofagas, necrófagas, micófagas), aunque se desconoce exactamente la dependencia que existe en la relación en el consumo de los hongos por los escarabajos adultos. El análisis estadístico presentó una correlación significativa ($r=0.94$; $P=0.05$), lo cual les otorga una estabilidad debido a la alta y abundante disponibilidad de estiércol de ganado bovino que se presenta en los pastizales que se encuentran en el bosque de la reserva.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo busca ampliar el conocimiento de la composición y estructura de la comunidad de los escarabajos estercoleros asociados al bosque templado dentro de la Reserva de la Biosfera “La Michilía”. Usando una base de datos elaborada de los muestreos realizados durante el año 2019. Por lo que esta propuesta de investigación, no contempla salidas de campo para recolectar datos y se apega a la recomendación de confinamiento domiciliario para evitar el contagio por COVID-19.

II. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Describir la composición y estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos de la superfamilia Scarabaeoidea (Scarabaeinae; Aphodiinae; Geotrupinae) de un bosque templado, de la Reserva de la Biosfera de “La Michilía”, Durango, México.

2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la estructura de la comunidad (Riqueza (S), abundancia, diversidad (H'), Dominancia (D), uniformidad (1-D)) de los escarabajos Scarabaeoidea copró-necrófagos presentes en un bosque templado de Durango, México.
- Realizar comparaciones de la comunidad de los escarabajos coprófagos durante muestreos estacionales.

2.3 HIPÓTESIS

Sí en la zona de estudio se tiene una marcada estacionalidad climática, con cambios en temperatura y precipitación pluvial, entonces se espera que los valores de la estructura de la comunidad tengan una variación estacional significativa.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras revisadas provienen de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “La Michilía” (RBLM)

La RBLM se localiza en el municipio de SÚchil, Durango, (23°34'57” N y 104°21'00” W) (Fig. 1). Se presentan las cuatro estaciones (primavera, verano, otoño, invierno), el clima templado subhúmedo (Cw), con lluvias en verano y precipitación media anual que oscila entre los 600 a los 700 mm, entre julio a septiembre los meses con una precipitación del 70%; el periodo seco de enero a mayo. La temperatura promedio anual de 12°C, con variaciones mensuales promedio entre los 2°C y los 18°C (Servín, 1997; INEGI, 2017), la altitud varía de 2,000 a 2,950 msnm. El área presenta distintos tipos y grados de asociaciones vegetales y tipos de vegetación, predominando los bosques mixtos de Pinos (*Pinus* spp) y encinos (*Quercus* spp).

Las muestras de los escarabajos y los datos provienen de muestreos realizados en el año 2019 en tres localidades: a) Pastizales y zonas de cultivo de San Juan de Michis, que presenta una vegetación secundaria de matorrales xerófilos (*Quercus microphylla* y *Arctostaphylos pungens*) y pastizales con cedro entre 2,000 y 2,300 msnm (*Muhlenbergia* spp. y *Juniperus deppeana*), b) bosques alrededor de la zona conocida como “La Peña”, en altitudes de 2,300 a 2,500 msnm, con vegetación de bosque mixto de encino-pino (*Quercus-Pinus*) y c) “La Mesa del Burro”, a una altitud entre 2,500 a 2,700 msnm, donde se presenta una vegetación de bosque mixto (*Quercus* spp. y *Pinus* spp.) y *Arbutus xalapensis* y *A. madrensis* (González y González, 1993; Servín y Huxley, 1991).

3.2 MUESTREO

Los especímenes obtenidos en los muestreos del 2019, se identificaron y elaboró una base de datos de las muestras colectadas previamente por el Laboratorio Ecología y Conservación de Fauna Silvestre de la UAM-Xochimilco,

provenientes de tres áreas de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera "La Michilía" (San Juan de Michis, Piedra Herrada y Mesa del Burro).

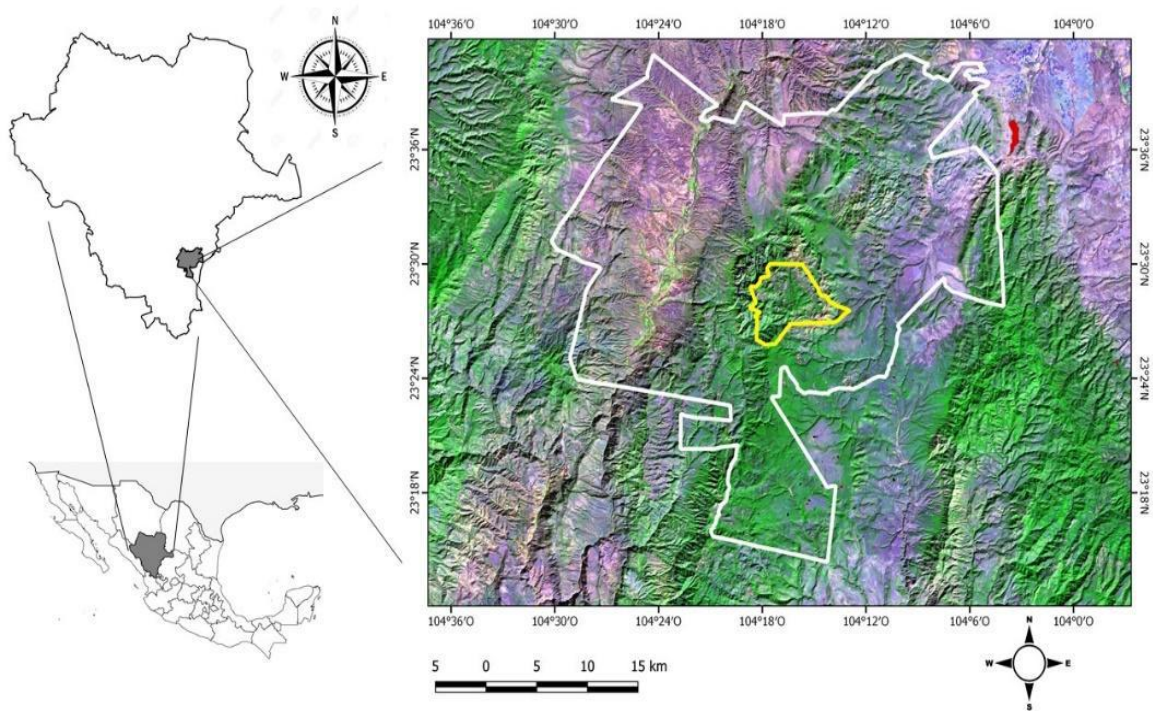


Figura 1 Ubicación geográfica de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México.

Posteriormente, se procedió a describir la composición taxonómica de la comunidad. Así, se obtuvo el inventario de los escarabajos coprófagos, registrando la abundancia total y un listado taxonómico de las especies por sitio y temporada.

3.3 ANÁLISIS DE DATOS

Con esta información se procedió a realizar los análisis enunciados en los objetivos planteados para este estudio, es decir, la estimación de los valores de los parámetros de la estructura de la comunidad de escarabajos copro-necrófagos.

Se evaluó el esfuerzo del muestreo, utilizando el programa EstimateS, para construir y comparar los gráficos de rango-abundancia de las muestras observadas con los valores esperados y así conocer la completitud que tuvo el muestreo para estimar la comunidad de los escarabajos (Colwell *et al.*, 2012; Pineda-López, 2019).

1. Riqueza de Especies (S) de cada zona muestreada. Número de especies especificado por número de individuos.

2. Diversidad de cada zona y del total de las muestras usando el índice de Shannon-Wiener (H').

$$H' = \sum_{i=1}^S p \log pi$$

$pi = \frac{n}{N}$ = Es la proporción de individuos hallados de la especie i

3. Diversidad Máxima de cada zona y del total de las muestras usando (H' max).

$$\log S = H' max$$

4. Dominancia de las especies en cada zona y del total de las muestras usando el índice de Simpson (D). muestra la probabilidad de que dos individuos al azar de una comunidad infinitamente grande perteneciese a la misma especie.

$$D = \sum_{i=1}^S pi^2$$

4.1 La ecuación del complemento de Simpson (1-D) de cada zona y del total de las muestras. La probabilidad con 1-D, es que al sacar dos individuos de una comunidad finita pertenezcan a diferentes especies.

$$1 - D = 1 - \sum_{pi} pi^2$$

5. Uniformidad con la ecuación de Pielou (J'). Se entiende como cuan homogéneamente están distribuidas las especies al interior de una comunidad.

$$J' = \frac{H' obs}{H' max}$$

Se utilizaron los programas estadísticos EstimateS, Win v9.1.0, PAST v 3.0 y Excel 2016.

Para cumplir el segundo gran objetivo del presente estudio, con los valores obtenidos de los parámetros de estructura, se describió y analizó la estructura de la comunidad de cada una de las tres temporadas muestreadas y se compararon los resultados, para determinar si existen diferencias significativas entre estaciones. Se realizó una comparación con trabajos previos de la composición de la comunidad de escarabajos copro-necrófagos, realizados en la zona de amortiguación de la Reserva de la Biosfera “La Michilía, Durango, México.

Se aplicarán técnicas estadísticas de agrupamiento utilizando Cluster con el algoritmo de Unión Simplex el índice de Bray Curtis. Como método de ordenación se utilizó el Análisis de Componentes principales (PCA), para conocer la similitud entre datos de las mismas muestras y entre áreas de muestreo. De esta forma, con las técnicas de ordenación, se conocerán la organización de los ensambles de las especies en la comunidad (Palacio *et al.*, 2020).

IV. RESULTADOS

4.1 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Se determinaron los siguientes parámetros de la estructura de la comunidad de escarabajos copró-necrófagos presentes en un bosque templado de Durango, México.

- a. Riqueza de especies (S).
- b. Abundancias de las especies.
- c. Diversidad de la Comunidad (H').
- d. Dominancia en la Comunidad (D).
- e. Uniformidad de la Comunidad (1-D).

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la composición y abundancia de especies en las comunidades de escarabajos coprófagos capturados durante las tres temporadas en la Reserva de La Biosfera la Michilía, Durango, México. Se obtuvieron 2002 individuos (revisando especímenes de Scarabaeidae y Geotrupidae), que incluyen 18 géneros con 23 especies (Tabla 1, Figura 2). Las 21

especies de Scarabaeidae agrupan el 91.80 % de la abundancia relativa con 21 especies, mientras que las dos especies de Geotrupidae (*Megatrupes cavicollis*, *Ceratotrupes bolivari*) solo el 8.19 %.

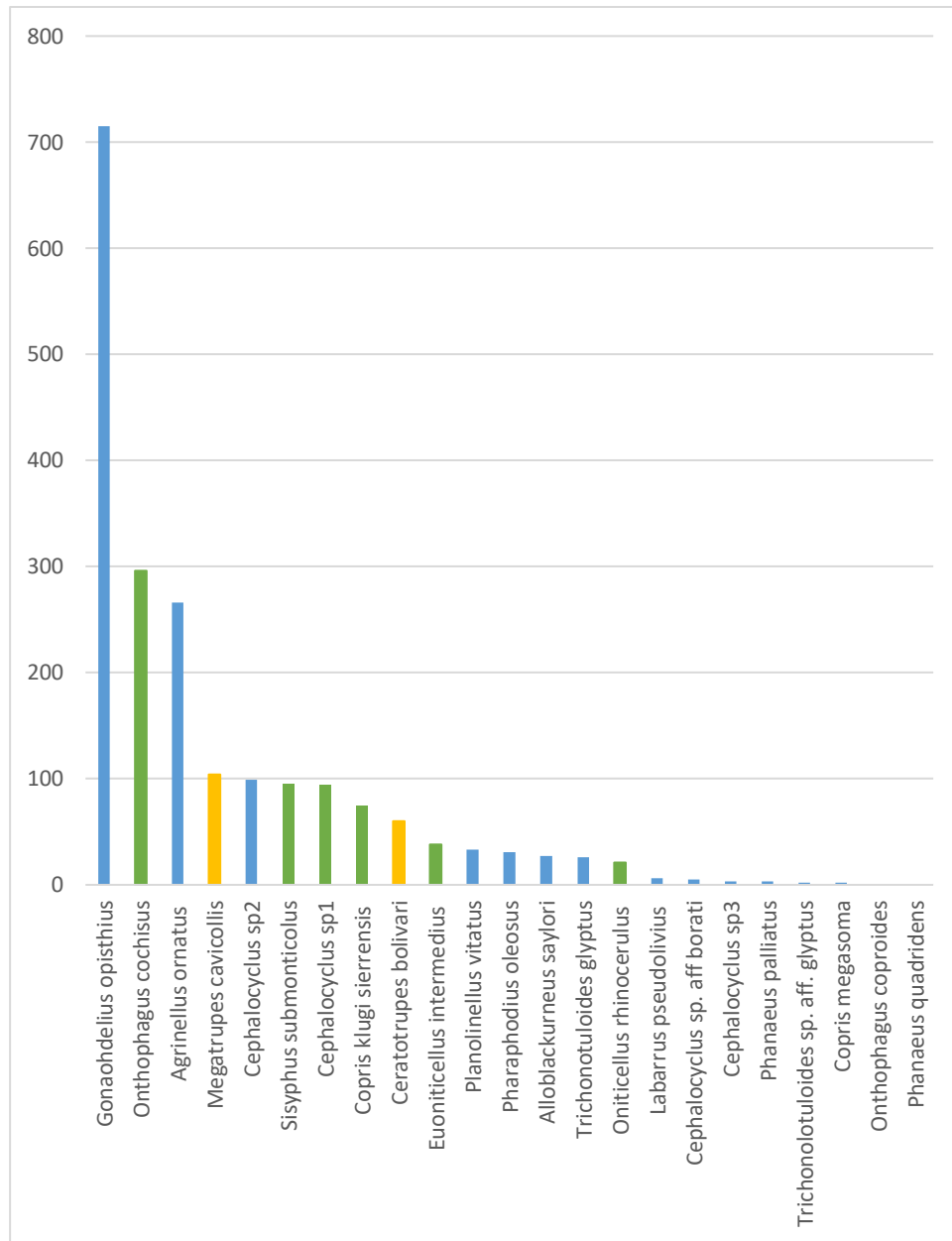


Figura 2 Abundancia de las especies de escarabajos presentes en la Reserva de la Biosfera “La Michilía”. Barra azul: subfamilia Aphodiinae; barra verde: subfamilia Scarabaeinae; y la barra amarilla: familia Geotrupidae.

Tabla 1 Especies coprófagas en la Reserva de la Biosfera “La Michilía” durante las diferentes temporadas de muestreo.

Especie	Verano	Otoño	Invierno	Total
<i>Gonaphodelius opisthius</i> (Bates, 1887)	4	711	0	715
<i>Onthophagus cochisus</i> (Brown, 1927)	247	49	0	296
<i>Agrinellus ornatus</i> (Schmidt, 1911)	254	12	0	266
<i>Megatrupes cavicollis</i> (Bates, 1887)	97	7	0	104
<i>Cephalocyclus</i> sp2	96	0	3	99
<i>Sisyphus submonticolus</i> (Howden, 1965)	63	32	0	95
<i>Cephalocyclus</i> sp1	94	0	0	94
<i>Copris klugi sierrensis</i> (Matthews, 1961)	65	9	0	74
<i>Ceratotrupes bolívari</i> (Halffter & Martínez, 1963)	37	23	0	60
<i>Euoniticellus intermedius</i> (Reiche, 1849)	2	36	0	38
<i>Planolinellus vitatus</i> (Say, 1825)	21	12	0	33
<i>Pharaphodius oleosus</i> (Harold, 1871)	22	9	0	31
<i>Alloblackburneus saylori</i> (Dellacasa & Dellacasa & Gordon, 2011)	22	5	0	27
<i>Trichonotuloides glyptus</i> (Bates, 1887)	20	6	0	26
<i>Oniticellus rhinocerulus</i> (Bates, 1889)	1	20	0	21
<i>Labarrus pseudolivius</i> (Balthasar, 1941)	5	1	0	6
<i>Cephalocyclus</i> sp. aff. borati	0	5	0	5
<i>Cephalocyclus</i> sp3	3	0	0	3
<i>Phanaeus palliatus</i> (Sturm, 1843)	3	0	0	3
<i>Trichonotuloides</i> sp. aff. glyptus	2	0	0	2
<i>Copris megasoma</i> (Matthews & Halffter, 1959)	2	0	0	2
<i>Onthophagus coproides</i> (Brown, 1927)	1	0	0	1
<i>Phanaeus quadridens</i> (Say, 1835)	1	0	0	1
Total (Abundancia)	1062	937	3	2002
% (Abundancia)	53.04	46.80	0.15	99.99
S	22	15	1	23
	Verano	Otoño	Invierno	Total

4.2 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

Los parámetros estructurales se muestran en la Tabla 2.

4.2.1 **Riqueza Especies (S).** La comunidad está representada por 23 especies, aunque en Verano fue la temporada con una S= 22, mientras que en Otoño disminuyó a S= 15 y en Invierno decayó a una sola especie.

Tabla 2 Métricas de diversidad de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae, Geotrupidae) durante las tres temporadas de muestreo en la Reserva de Biosfera La Michilía.

	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	TOTAL
S	22	15	1	23
N	1062	937	3	2002
Diversidad Máxima (H'max)	3.0910	2.7081	-	3.1355
Índice de Shannon-Wiener (H')	2.2349	1.1103	-	2.1791
Dominancia de Simpson (D)	0.1458	0.5829	-	0.1803
Complemento de Simpson (D-1)	0.8542	0.4171	-	0.8197
Uniformidad (J')	0.7230	0.4100	-	0.6950

4.2.2 **Abundancia.** Se registró a *Gonaphodelius opisthius* como la especie Dominante de la comunidad, ya que tuvo 715 registros, con mayor abundancia relativa (35.71 %); mientras que 3 especies fueron consideradas Abundantes (104-296). Las especies *Onthophagus cochisus* (14.78 %) y *Agrinellus ornatus* (13.28 %) con abundancias similares, en conjunto, agrupan el 28.06 % de la abundancia obtenida en tanto que, *Megatrupes cavicollis* (5.19 %); hay un grupo de cinco especies Frecuentes (60-99); las especies Ocasionales son 6 (21-38) y 8 especies Raras (1-6), haciendo un total de 23 especies que conforman la comunidad de escarabajos coprófagos (Figura 2).

Dentro de la familia Scarabaeidae (n= 1834), la mayor abundancia se observa en las especies de la subfamilia Aphodiinae con el 71.10 %, seguido de las especies de la subfamilia Scarabaeinae (n= 531) con 28.89 %.

En la Reserva de la biosfera “La Michilía” se observa una marcada estacionalidad en la riqueza y abundancia a lo largo del año. De las 23 especies registradas en el estudio, durante el verano incian su actividad 22 especies, en otoño disminuye la riqueza (15 (spp) y en invierno solo una especie. EL 99% de la abundancia se presenta en verano (53.04 %) y otoño (46.80 %).

Las especies *Gonaphodelius opisthius*, *O. cochisus*, *A. ornatus*, *M. cavicollis*, *Cephalocyclus* sp2, *S. submonticolus*, *Cephalocyclus* sp1, *C. klugi sierrensis* y *C. bolivari* agrupan el 90% de la abundancia obtenida.

4.2.3 **Diversidad de la Comunidad.** El índice Shannon-Wiener indicó un valor de $H' = 2.1791$, lo que sugiere que las especies tienen diferentes abundancias.

4.2.3.1 **Diversidad Máxima** en esta Comunidad fue de $H'_{max} = 3.1355$, asumiendo que las 23 especies tuvieron una abundancia igual.

4.2.4 **Dominancia de la Comunidad** fue de $D = 0.1803$, lo que indica que la comunidad tiene una especie dominante

4.2.5 **Uniformidad de la Comunidad** fue de 0.695, que indica que está influenciada por las especies frecuentes, ocasionales y raras.

4.3 CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES Y RAREFACCIÓN

La curva de acumulación de especies registra el número total de especies reveladas durante el proceso de recolección de los datos. La curva de rarefacción permite realizar la comparación de la diversidad existente en dos muestras que fueron recogidas a través de muestreos de intensidad diferente, lo cual consiste en reducir el número de individuos de las muestras más grandes, pero concentrando la proporción advertida entre especies.

Se proporcionan varias estimaciones para las muestras extrapoladas, sus intervalos de confianza (Tabla 3 y Figura 3) y se estimó la diversidad biológica en unidades de número efectivo de especies según la serie de Hill (qD) (Tabla 3). Cuando el exponente $q = 0$, se obtienen directamente la riqueza (o número de especies), la cual está definida por la incidencia de todas las especies en el muestreo. Los valores de $q = 1$, se obtienen la diversidad típica, que equivale a la exponencial del índice de entropía de Shannon y su cálculo no presenta sesgo por las especies raras o abundantes en la muestra. Finalmente, cuando $q = 2$, el valor de diversidad indicará el número efectivo de las especies más abundantes (dominantes), y equivale al inverso del índice de entropía de Simpson (Cultid-Medina y Escobar 2019; Chao *et al.*, 2016; Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011).

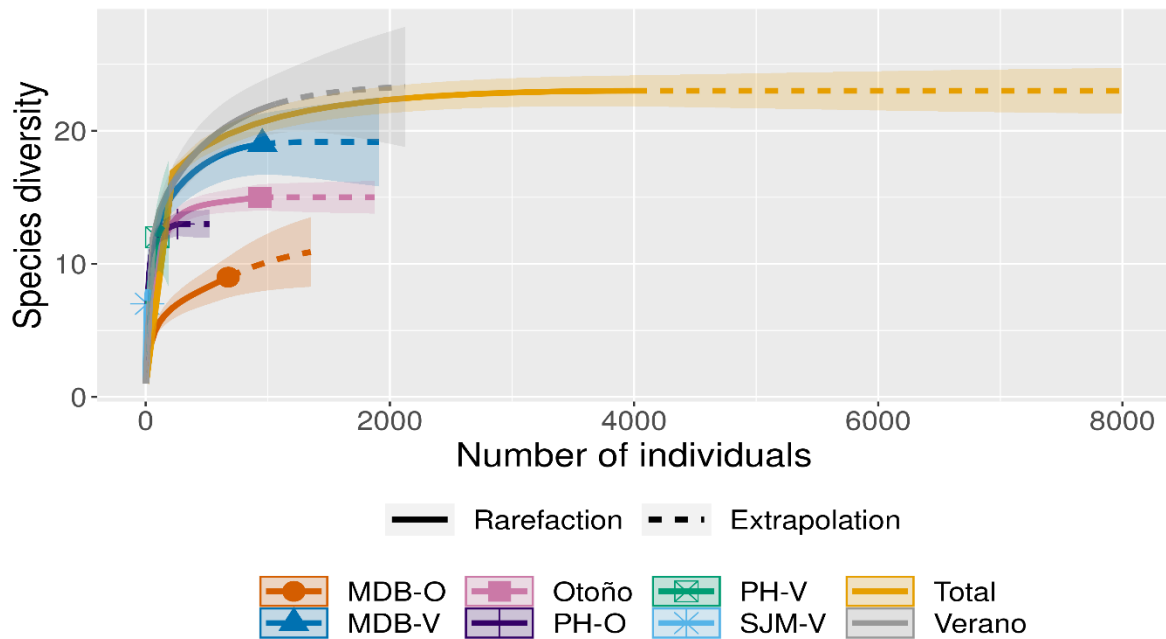


Figura 3 Curva de rarefacción y extrapolación basada en el tamaño de las muestras de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae, Geotrupidae) durante las temporadas de verano y otoño en la Reserva de Biosfera La Michilía. V= Verano; O= Otoño; MDB= Mesa del Burro; PH= Piedra Herrada; SJM= San Juan Michis

Tabla 3 Cuadro de comparación de la diversidad ($^{\circ}D$) en las áreas y en las diferentes temporadas de muestreo de escarabajos copro-necrófagos en la Reserva de la Biosfera “La Michilía”. SJM.V= San Juan Michis. Verano; PH.V= Piedra Herrada. Verano; MDB.V= Mesa del Burro. Verano; PH.O= Piedra Herrada. Otoño; MDB.O= Mesa del Burro. Otoño.

$^{\circ}D$	SJM-V	PH-V	MDB-V	Verano	PH-O	MDB-O	Otoño	TOTAL
0	7.0	12.0	19.0	22.0	13.0	9.0	15.0	23.0
1	6.4	6.3	8.4	9.3	6.8	1.8	3.0	8.8
2	6.0	4.8	6.0	6.9	4.0	1.3	1.7	5.5

4.4 RANGO ABUNDANCIA (RA)

En las curvas de Rango abundancia se puede observar la organización de las especies con base a su abundancia relativa \log_n , mostrando una descripción detallada de la estructura de las especies con base a su abundancia relativa en la comunidad.

Como se puede observar en la Figura 4, la curva de la abundancia Relativa Total, la de Verano y La Mesa del Burro en Verano, denotan una mayor número de especies, contando con una estructura donde habrá especies dominantes, abundantes, frecuentes, ocasionales y raras, a diferencia de la curva de San Juan

de Michis, Piedra Herrada en Verano y Otoño y en Mesa del Burro en Otoño. En el caso las curvas de la temporada de Otoño, Piedra Herrada y Mesa del burro la especie fue dominante *Gonaphodelius opisthius*.

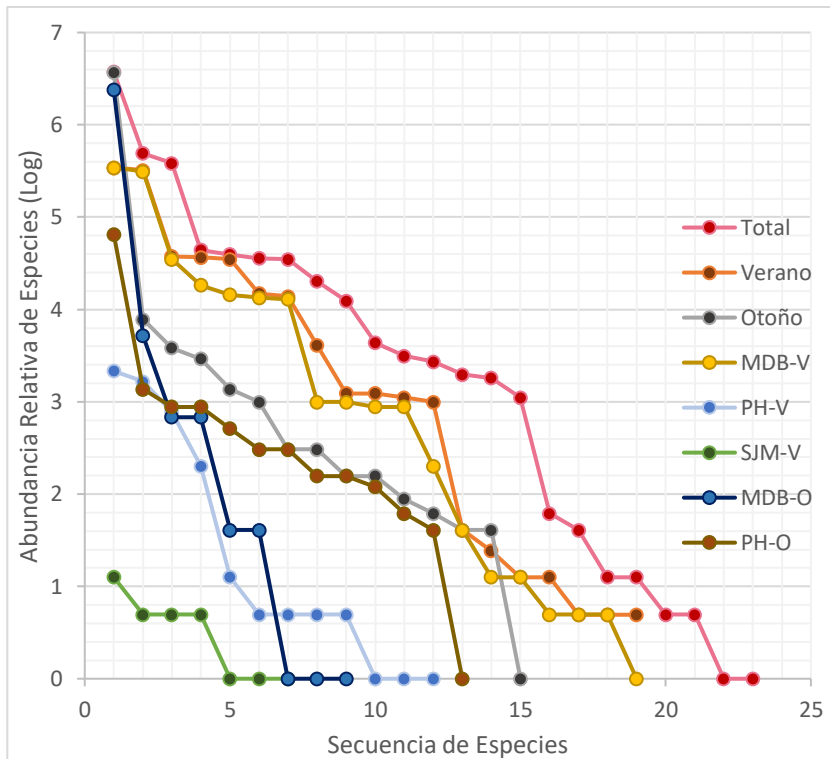


Figura 4 Gráfica de Rango Abundancia Relativa (Log) en orden de captura en la Reserva de la Biosfera La Michilía, en las zonas de muestreo y por temporada.

5 METODOS DE CLASIFICACION Y ORDENACION

Se utilizó el algoritmo Single linkage utilizando el índice de Bray Curtis, con un coehn. corr=0.8736, como se muestra en la Figura 5.

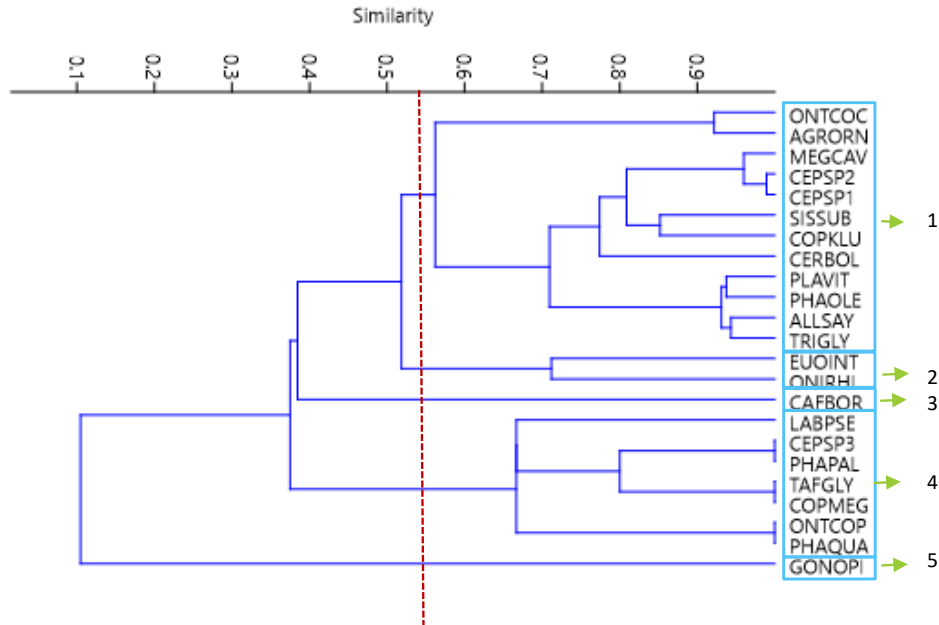


Figura 5 Cluster de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae, Geotrupidae) de la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango. **Ensamble 1:** *Onthophagus coproides* y *Agrinellus ornatus*, *Ceratrupes bolivari*, *Alloblackurneus saylori*, *Pharaphodius oleosus*, *Planolinellus vitatus*, *Trichonotuloides glyptus*, *Labarrus pseudolivius*, *Cephalocyclus* sp3, *Phanaeus palliatus*, *T. sp. aff. glyptus* *Copris megasoma*. **Ensamble 2:** *Euoniticellus intermedius*, *Oniticellus rhinocerulus*. **Ensamble 3:** *Cephalocyclus* sp.aff. *borati*. **Ensamble 4:** *Phanaeus quadridens*, *Onthophagus cochisus*, *Cephalocyclus* sp2, *Cephalocyclus* sp1, *Copris klugi sierrensis*, *Megatrupes cavicollis* y *Sisyphus submonticolus*. **Ensamble 5:** *Gonaohdelius opisthius*.

Y se puede confirmar la identificación de los 4 ensambles de las especies usando Análisis de Componentes Principales (PCA) como Método de Ordenación (Figura 6).

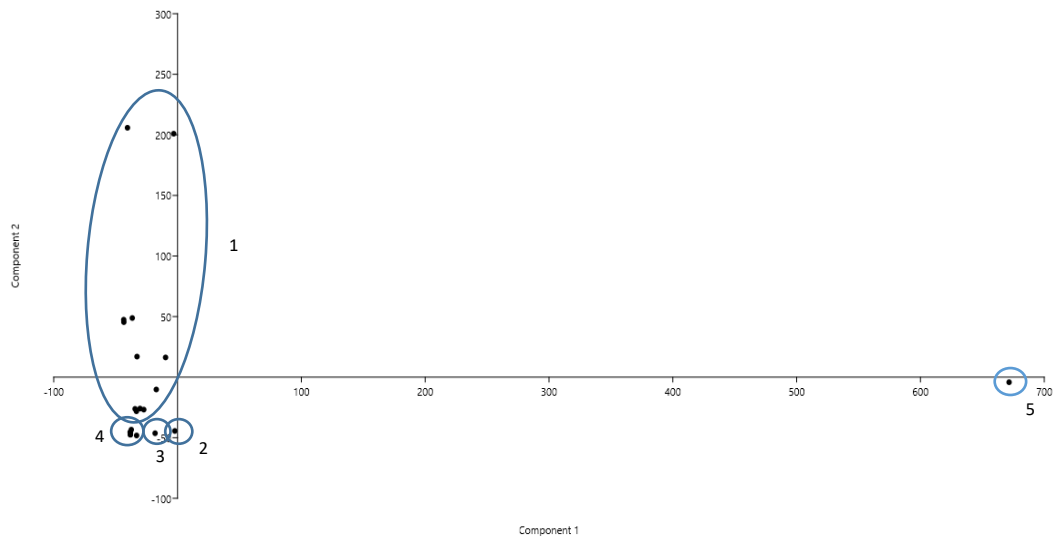


Figura 6 Análisis de Componentes Principales PCA de las especies de escarabajos coprófagos de la Reserva de Biosfera la Michilía.

V. DISCUSIÓN

Morón y Deloya (1991), han realizado contribuciones importantes para describir la fauna de coleópteros en la zona de Transición Mexicana de diversas localidades de algunos estados de México. En la reserva de la biosfera “La Michilía” realizaron estudios de las especies de Coleóptera Melolonthinae, Scarabaeinae y Trogidae en los años 1976, 1979, 1986 y 1988, en los cuales se llevaron a cabo colectas sistemáticas intensivas, estacionales, mensuales y capturas ocasionales, utilizando trampas de luz, necrotrampas permanentes NTP-80, y coprotrampas, así como algunas capturas directas.

En total se capturaron 16,525 ejemplares representantes de 78 especies y 30 géneros, se realizó un listado de especies de la comunidad coleóptera, facilitando claves para la identificación de adultos y larvas de todas las especies, esto les permitió hacer una evaluación de los cambios faunísticos en su diversidad y abundancia en un periodo de diez años en la reserva. En el tiempo del estudio en el área protegida, se pudieron observar cambios significativos para distintos gremios pertenecientes a Scarabaeidae, en el caso de los copro-necrófago. Las cuales se representaron 10 especies (7 géneros): *Copris*, *Phanaeus*, *Oniticellus*, *Sisyphus*, *Onthophagus*, *Megatrupes* y *Ceratotrupes*. Estas especies no variaron en su presencia, solo en su abundancia durante diez años. Actualmente se puede observar como siguen presentes estos 7 géneros.

Entre los años 1976-79 las tres especies predominantes fueron en una muestra de N=200, *Megatrupes cavicollis* (ni =67), *Onthophagus cochisus* (ni =40) y *Copris klugi* (ni =31). Entre 1986-88, las tres especies dominantes en las muestra N=2711, fueron *Onthophagus cochisus* (ni=1112), *O. fuscus* (ni=962) y *Ceratotrupes bolivari* (ni =331).

En el presente trabajo sigue predominado *Onthophagus cochisus* siendo observada en la colecta de Verano (ni =247), Otoño (ni =49) *Megatrupes cavicollis* (ni = 97 y 7), *Ceratotrupes bolivari* (ni =37 y 23),

Lobo y Deloya en 1993, llevaron a cabo una relación de especies con abundancias de los coleópteros (Scarabaeidae) de la Michilía, los mismos resultados publicados por Morón y Deloya en 1991 para la familia Scarabaeidae. De acuerdo con el número de especies capturadas y esperadas, se obtuvo el 65% de la fauna de la Michilía perteneciente a esta familia, las especies que quedan por descubrir, podrían ser de tamaño variado con poblaciones escasas, siendo especies raras, por algún razón ajena a su recolección.

Con base a la distribución de especies de Aphodiinae en México (AphMex), Cabrero y colaboradores en el 2010, elaboraron una base de datos con los registros disponibles que se habían publicado anteriormente en México, marcando que para el estado de Durango se estima una riqueza observada de 38 especies, y una riqueza predicha mediante paramétricos ACE y Chao2 de 51 especies. Los lugares con un mayor endemismo se distribuyen principalmente por el Sistema Volcánico Transversal, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y, en menor cantidad, por la Sierra de Chiapas, así como zonas norte y sur de la Sierra Madre Oriental y norte de la Sierra de California. También se llevó a cabo un trabajo similar para Geotrupinae (GeoMex), con un número de especies observadas en el estado de Durango de 10 especies y el número de especies estimadas con Chao2 es de 13 especies.

En el año 2000, Anduaga S. presenta un listado de coleópteros pertenecientes a la superfamilia Scarabaeoidea que tienen una asociación con los hongos de la Reserva de la Biosfera "La Michilía" en la localidad de Piedra Herrada. Realizó tres muestreos en la temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre) delimitados a 1.5 ha. Los coleópteros recolectados fueron conservados en alcohol acidulado (alcohol al 70% y al 10% de ácido acético glacial). Registró un total de 78 macromicetos en descomposición y 1,077 ejemplares adultos pertenecientes a 6 especies eurípagos de Scarabaeoidea (Geotrupinae 4 especies; Aphodiinae 3; Scarabaeinae 35), aunque no se sabe exactamente la dependencia que existe en la relación entre el consumo de los hongos por parte de los adultos. El análisis estadístico presentó una correlación significativa ($r=0.94$, $P=0.05$), lo cual les otorga una estabilidad

debido a la alta y abundante disponibilidad de estiércol de ganado bovino que se presenta en los amplios pastizales que se encuentran en el bosque de la reserva.

Comparado a este estudio, solo se encontró un ejemplar de *Oniticellus rhinocerulus* en la Piedra Herrada en el muestreo de verano, en otoño 20 ejemplares. *O. fuscus fuscus*, no fue capturada e ninguna de las temporadas. Y a la diferencia en abundancia podría deberse al uso de hongos para capturarlos y ser abundante por su amplia elección de alimentos eurípagos.

De acuerdo con Trotta-Moureu *et al.*, (2008): los Geotrupini se encuentran presentes en localidades montañosas más frías y con mayores precipitaciones, por lo cual existe el recambio altitudinal de especies. Suelen distribuirse desde los 1500 hasta los 3200 msnm, con valores de precipitación mínima anual entre los 500 y los 2000 mm, así como temperaturas mínimas alrededor de los 14°C y la máxima de 22°C.

La especie *Megatrupes cavicollis*, se encuentra distribuida en el noreste de México en la Sierra Madre Occidental prese ocupar lugares más cálidos y secos con una temperatura media de 17.9°C y una precipitación media de 820 mm, tiene un gran rango de distribución donde poseería condiciones ambientales adecuadas en la Sierra Madre Oriental y algunas zonas del Altiplano hacia la costa del Pacífico.

La especie *Ceratotrupes bolivari*, se distribuyen principalmente por el Sistema Volcánico Transversal, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur, entre los 1300 y los 1600 msnm. Esta especie presenta una distribución más amplia llegando hasta el norte de México.

Considerando todo lo anterior y que parte de la zona de amortiguación de la reserva, está constituido por un bosque abierto de *Quercus* y *Pinus*, algunos amplios claros con pastizales, donde se mantienen a una gran cantidad de ganado, y agregando la importante población no migratoria de venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, se proporciona un aporte constante y abundante de estiércol para esta comunidad de escarabajos coprófagos (Morón y Deloya 1991).

5.1 Endemismo

Se considera a *Aphodius michiliensis* como especie endémica de la Reserva de la Biosfera “La Michilía”. De acuerdo con Morón y Deloya (1991), *Copris megasoma* y *O. coproides* coexisten en asociación dentro de los nidos de tuza., El método de captura con coprotrampas puede no ser el más adecuado para atraer y capturar estas especies, dada su asociación dentro de los nidos no es común encontrarlos sobre la superficie.

También es consistente la presencia de tres especies con distribución relictual, *Megatrupes cavicollis*, *Sisyphus submonticolus* y *Oniticellus rhinocerulus*, esto quiere decir que en otro tiempo fueron abundantes en una gran área y que ahora está solo presente en pequeñas áreas. La distribución relictual está caracterizada como aquellas especies que anteriormente tuvieron una distribución geográficamente grande y actualmente se encuentran restringidas (Cox *et al.*, 2016).

De acuerdo con Halffter y colaboradores (2006), los sistemas montañosos han servido como rutas de dispersión, y en muchos casos como áreas de endemismos para la fauna de origen Paleártica y Neártica. Lo cual explica la riqueza de especies de Aphodiinae de La Michilía, donde la gran mayoría de los géneros se asocian principalmente con los sistemas montañosos de nuestro país y tienen origen Paleártico (Morón y Deloya, 1991), (*Pharaphodius*; *Planolinellus*), Neártico (*Pseudogolius*). Los elementos endémicos de la ZTM (*Agrinellus*; *Cephalocyclus* y *Trichonotuloides*), con afinidades Gondwánicas (*Alloblackburneus* y *Labarrus*) y Neotropical (*Gonaphodellus*) siendo *G. opisthius* han alcanzado una distribución más norteña debido al Sistema Volcánico Transversal y por los sistemas montañosos de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental llegando a los estados de Durango y Sinaloa.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo con Gómez y Villar (2022), la ivermectina es el antiparasitario más usado en veterinaria a nivel mundial. Sumado a esto, los escarabajos coprófagos son particularmente sensibles, ya que proveen un servicio importante en los ecosistemas haciendo que la boñiga desaparezca rápido de los potreros. De esta manera se controla la cantidad de moscas, dando reducciones hasta del 80%, obteniendo el servicio de reciclaje de los nutrientes y el aireamiento del suelo. En los bosques y sistemas silvopastoriles con sombra y hojarasca en el suelo, se reduce considerablemente la temperatura y se incrementa la humedad relativa, lo cual genera condiciones óptimas para la mayoría de las especies de escarabajos coprófagos. Como recomendación existen guías para el manejo sostenible de parásitos que van enfocadas a combatir la resistencia a los antiparasitarios. Entre otras, los tratamientos deberían hacerse de forma individual a los animales que lo necesiten y cuando lo necesiten. Lo ideal sería realizar un manejo holístico de la ganadería que minimice la necesidad de pesticidas y productos antiparasitarios.

En estos muestreos se usó un solo método de captura para escarabajos asociado con el excremento de vaca, para poder observar una mayor diversidad, se recomienda el uso de diferentes métodos de trapeo y cebos de los distintos mamíferos que habitan en la Reserva de la Biosfera La Michilía.

Se recomienda la realización de muestreos posteriores para la zona de San Juan de Michis, toda vez, que el muestreo de esta zona fue escaso y es la zona con mayor pastoreo y uso de ivermectina.

VII. CONCLUSIONES

Únicamente se capturaron escarabajos coprófagos asociados a excremento vacuno, de esta manera en la temporada de verano se capturaron 1062 individuos pertenecientes a 22 especies y 16 géneros, en otoño 15 especies y 15 géneros. La comunidad presenta poca dominancia en verano y disminuye un poco en otoño (presentando una especie dominante *G. opisthius*), en otoño presentan abundancias con mayor uniformidad.

La Diversidad β en la zona de la Piedra Herrada es la que tuvo mayor similitud entre las dos temporadas y hubo mayor disimilitud en la zona de la Mesa del Burro. Entre las dos temporadas hay poca similitud.

Gracias al Dendrograma y al PCA se observan 4 ensambles: 1) *Onthophagus coproides* y *Agrinellus ornatus*; 2) *G. opisthius*; 3) *Sisyphus submonticolus*, *Copris Klugi sierrensis*, *Cephalocyclus* sp1 y sp2; 4) lo conforman el resto de las especies.

V.III REFERENCIAS

- Amat-García, G. (2007). Fundamentos y métodos para el estudio de los insectos. Bogotá, Colombia. Universidad de Nacional de Colombia. 1a Ed.
- Amézquita, S. (2018). Comportamiento en escarabajos copro-necrófagos (Coleóptera: Scarabaeinae): Competencia por el recurso y por la pareja en la región neotropical. In, Deloya C. y Gasca-Álvarez H.J. Escarabajos del Neotrópico (INSECTA: COLEÓPTERA). (39-54), S. y G Editores. México.
- Anduaga, S. (2000). Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeoidea) asociados a hongos en la Sierra Madre Occidental, Durango, México: con una compilación de las especies micetófagas. *Acta zoológica mexicana* (n.s.). 80:119-130.
- Begon, M., J.L. Harper y C. R. Townsend. (1999). Ecología, individuos, poblaciones y comunidades. 3ra. ed. Omega. Barcelona, España.
- Brown, George & Fragoso, Carlos & Barois, Isabelle & Rojas, Patricia & PATRON, J.C. & Bueno-Villegas, Julian & Moreno, Ana & Lavelle, Patrick & ORDAZ, V.. (2001). Diversidad y Rol Funcional de la Macrofauna Edáfica en los Ecosistemas Tropicales Mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número especial 1: 79-110.. *Acta Zoologica Mexicana*. 79-110.
- Cabrero-Sañudo, F. J., M. Dellacasa, I. Martínez M., J. M. Lobo & G. Dellacasa. (2010). Distribution of Aphodiinae Species (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae) In México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 26(2):323-399.
- Chao, A., Ma, K. H., and Hsieh, T.C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.
- Chao, A., Gotelli, NJ, Hsieh, TC, Sander, EL, Ma, KH, Colwell, RK y Ellison, AM (2014) Rarefacción y extrapolación con números de Hill: un marco para el muestreo y la estimación en estudios de diversidad de especies. *Monografías Ecológicas*, 84, 45-67.
- Cox C. B., Moore P. D. & Ladle R. J. (2016). *Biogeography: an ecological and evolutionary approach* (9th ed.). Wiley.
- Culti-Medina, C., Escobar F. (2019). Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (^ºD). In: Moreno C. E. (Ed) *La Biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (175-202). Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo/ Libermex, Ciudad De México.

Deloya, C. (2003). Subfamilia Aphodiinae. In: Atlas De Los Escarabajos De México, Coleóptera Lamellicornia, Vol. I. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae Y Lucanidae. M.A. Morón (Editor). Argania Ed., Barcelona, España. pp. 75-93.

Favila, M. E. & Halffter, G. (1997). The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 72,:1-25.

Favila, M. (2001). Historia de vida y comportamiento de un escarabajo necrófago: *Canthon cyanellus cyanellus* Leconte (Coleóptera: Scarabaeinae). Instituto de ecología, A.C. *Folia Entomológica Mexicana*. 40(2):245-278.

Gómez Beltrán, D.A. & Villar, D. (2022). Efectos colaterales del uso de la ivermectina en ganadería: comunidad de las boñigas en Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 17 (1), 58-77.

González-Elizondo S y González-Elizondo M. (1993). Vegetación de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*, 22: 1-104

Grimaldi, D. & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the insects*. USA: Cambridge University Press.

Halffter, G. Y G. Matthews. (1966). The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia Entomológica Mexicana*. Vols. 12 (14):1-312

Halffter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *Biogeographia- the Journal of Integrative Biogeography*, 15(1):

Halffter, G., Y Edmonds, W. D. (1982). The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. México: Instituto De Ecología, A. C.

Halffter, G. 2006. Biogeografía de la entomofauna de montaa de México y America Central. PP 1-21-En Morrone, J. J. y J. Llorente Bousquets (Eds.), *Componentes Bioticos Pricipales de la Entomofauna Mexicana*, Las prensas de ciencia, UNAM, Mexico, D.F.

Hanski, I. & Cambefort Y. (Eds). (1991). *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, NJ, USA. 13 p.481

Huerta C., Arellano L., Cruz M. (2018). Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) y remoción de estiércol en pastizales ganaderos mexicanos. *Revista mexicana de biodiversidad* 89: pp.1280 - 1292

Jiménez -Sánchez E., Quezada-García R., Padilla-Ramírez. (2013). Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleóptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae Y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Rev. Biol. Trop.* 61(3): 1475-1491.

- Lobo J. M. y Deloya C. (1993). Una predicción acerca de la diversidad de escarabeidos (Coleóptera: Scarabaeoidea) en la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Boletín Soc. Ver. Zool.* 3(1): 57-63
- Martínez M. I., Magdalena Cruz R., Montes De Oca T. E., Suárez I. T. (2011). La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. Primera edición, Veracruz, México.: Instituto de Ecología, AC.
- Morón Ríos M. A. & Deloya, C. (1991). Los Coleópteros Lamelicornios de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Folia Entomol. Mex.* 81:209-283.
- Morón Ríos, M. A. (1999). Belleza, diversidad y rareza de escarabajos mexicanos. CONABIO. *Biodiversitas*, 26:1-6
- Morón Ríos, M. A. (2000). Atlas de los Coleóptera Scarabaeoidea de México. Segunda parte. Instituto de ecología, a. C. Informe final SNIB CONABIO proyecto no. K005. México D. F. pp 1-140
- Noriega A. J., Cubillos A. M., Castañeda C., Sánchez A. M. (2008). Actividad diaria de colonización del recurso alimenticio en un ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae) en la Amazonía Colombiana. *Acta biol. Colomb.*, vol. 13 no. 3, 73 - 84
- Noriega A. J., Monroy G. J. D. y Valencia E. (2012). Estructura de un ensamble de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeinae) en tres sitios con diferentes usos del suelo en Antioquia, Colombia. *Actual Biol* 34(96):43-54
- Palacio, F. X., M. J. Apodaca y J. V. Crisci. (2020). Análisis multivariado para datos biológicos: Teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R. V. Mazzini Eds. Buenos Aires, Argentina.
- Pineda-López R. (2019). Estimadores de la riqueza de especies. En: Moreno CE (Ed) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México. 159-174.
- Sánchez-Hernández, G., Chamé-Vázquez, E. R., & Gómez, B. (2019). Nuevos datos de distribución para escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en México. *Revista Chilena de Entomología*, 45(4).
- Resh Vh. & Cardé Rt. (2009). Dung beetles. En *Encyclopedia of Insects* Amsterdam (341-344). Academic Press. Ciudad, USA.
- Trotta-Moreu, N., J. M. Lobo & F. J. Cabrero-Sañudo. (2008). Distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupidae (Coleóptera: Scarabaeoidea) en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 24:39-65.

Zerbino m. S. (2010). Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) número especial 2:189-202