



DUGESIANA

Revista de Entomología

CUCBA



Volumen 30 número 2



Dugesiana, Año 30, No. 2, (julio-diciembre, segundo semestre 2023), es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Estudios en Zoología, por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, Tel. 37771150 ext. 33218, <http://148.202.248.171/dugesiana/index.php/DUG/index>, glenusmx@gmail.com. Editor responsable: José Luis Navarrete-Heredia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2009-062310115100-203, ISSN: 2007-9133, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: José Luis Navarrete-Heredia, Editor y Ana Laura González-Hernández, Asistente Editorial. Fecha de la última modificación 1 de julio de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Ensamblajes de coleópteros necrócolos en cadáveres de mamíferos en un agroecosistema en Jalisco, México

Assemblages of necrocolous beetles on mammal carcasses from crop area in Jalisco, Mexico

Jessica B. López-Caro^{1,*}, Anahí Cisneros-Caballero², Georgina A. Quiroz-Rocha¹, Gabriela Castañón-Meneses³ y José L. Navarrete-Heredia¹

¹Entomología, Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México; ²Museum of Natural History & Sea Center, Santa Barbara, California, USA; ³Laboratorio de Ecología de Artrópodos en Ambientes Extremos, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, Querétaro, México.

Autor para correspondencia: *jescarabaeidae@gmail.com

RESUMEN

Se presenta un análisis de la diversidad de tres ensamblajes de coleópteros asociados a cadáveres de diferentes tipos de mamíferos en un agroecosistema en Zapopan, Jalisco, México. El estudio se realizó en tres muestreos, entre julio y octubre de 2017. En el primer muestreo se utilizó un cadáver de cerdo como modelo de estudio, en el segundo un coatí y en el tercer muestreo, un venado. La colecta de especímenes se llevó a cabo cada tercer día a partir del momento en que se colocó cada cadáver, y concluyó hasta que se completó la descomposición total de los tejidos blandos. Se colectaron 661 individuos agrupados en 40 morfoespecies, distribuidos en 11 familias. Las familias con mayor riqueza fueron Staphylinidae, Scarabaeidae e Histeridae. La composición, riqueza y abundancia de especies fue diferente en cada tipo de cadáver, esto probablemente se deba a la disponibilidad de recursos a lo largo del tiempo, así a la fenología de las especies, más que por el tipo de cadáver. Se destaca la relevancia de algunas especies encontradas, con alto potencial en la aplicación de la entomología forense por su marcada estacionalidad e incidencia.

Palabras clave: entomología forense, escarabajos, necrobios, necrófilos, necrófagos, insectos carroñeros.

ABSTRACT

An analysis of the diversity of three beetle assemblages associated with carcasses of different types of mammals in an agroecosystem in Zapopan, Jalisco, Mexico is presented. The study was carried out in three samplings, between July and October 2017. In the first sampling, a pig carcass was used as a study model, in the second, a coati, and in the third sampling, a deer. The collection of specimens was carried out every third day after each carcass was placed and concluded until the total decomposition of the soft tissues was completed. A total of 661 individuals grouped into 40 morphospecies, distributed in 11 families, were collected. The families with the highest species richness were Staphylinidae, Scarabaeidae and Histeridae. The composition, richness and abundance of species was different in each type of carcass, this is probably due to the availability of resources over time, as well as the phenology of the species, rather than the type of carcass. The relevance of some species found is highlighted, with high potential in the application of forensic entomology due to its marked seasonality and incidence.

Key words: forensic entomology, beetles, necrobious, necrophilous, necrophagous, carrion insects.

Los insectos asociados a cadáveres juegan un papel esencial en la descomposición de la carroña, así como en el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas (Devault *et al.* 2003, Benbow *et al.* 2019). Desde hace varias décadas, el estudio de los ensamblajes de insectos (principalmente de los órdenes Diptera y Coleoptera) que utilizan la carroña ya sea como recurso alimenticio, sitio de reproducción, hábitat o refugio temporal, han sido relevantes por su potencial aplicación en la entomología forense, debido a que la sucesión de especies se ha utilizado para estimar el intervalo post-mortem mínimo (PMI_{min}), ya que la composición de la entomofauna puede seguir patrones predecibles a lo largo del tiempo en el proceso de la descomposición cadavérica (Payne y King 1972, Early y Goff 1986, Anderson 2000, Matuszewski *et al.* 2011, Michaud *et al.* 2015,

Byrd y Tomberlin 2020, VanLaerhoven 2020). Además, la presencia y/o la ausencia de ciertos taxones puede aportar información relevante sobre cuándo, dónde y cómo ocurrió un crimen en particular (Merritt y Benbow 2009, Byrd y Castner 2010, Tomberlin *et al.* 2011). Sin embargo, otros factores biológicos pueden afectar las estimaciones entomológicas del PMI_{min}, por ejemplo, comportamiento e interacciones bióticas (competencia por un mismo recurso y depredación) (Denno y Cothran 1975, 1976; Berg y Benbow 2013). La función que desempeñan los diferentes grupos de artrópodos que se pueden asociar a cadáveres ha sido agrupada, descrita y nombrada de distintas maneras por diferentes autores, por ejemplo: “invertebrados sarcosaprófagos” (Smith 1986); “entomofauna cadavérica” (Capó *et al.* 2004); “insectos necrócolos” (Naranjo-López

y Navarrete-Heredia 2011). En el estado de Jalisco, ésta es la propuesta que más se ha utilizado en la mayoría de los estudios realizados sobre artrópodos asociados a cadáveres o carroña con distintos enfoques (Quiroz-Rocha *et al.* 2008, Rodríguez y Navarrete-Heredia 2014, González-Hernández *et al.* 2015, López-Caro *et al.* 2016). Con base en lo anterior, en este trabajo se sigue la propuesta de Naranjo-López y Navarrete-Heredia (2011) por lo que se consideran como necrócolos a los insectos que habitan en cadáveres. Dentro de estos se reconocen tres categorías: necrobios (necrófagos que su ciclo de vida depende de la carroña), necrófilos (depredadores: que llegan a la carroña para alimentarse de otros organismos; saprófagos: que se alimentan de materia orgánica en descomposición de cualquier tipo), y necroxenos (especies que ocurren en la carroña de manera accidental).

Generalmente, en los estudios con enfoque forense se emplea el cerdo (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) como modelo biológico para el estudio de la entomofauna asociada al proceso de descomposición cadavérica, ya que este vertebrado se asemeja al ser humano en fisiología, morfología, hábitos alimenticios, y procesos de descomposición (Payne 1965, Schoenly y Reid 1987, Goff 1993, Shean *et al.* 1993, Anderson y VanLaerhoven 1996, Battán Horenstein *et al.* 2010, Matuszewski *et al.* 2010, 2020, Caballero y León Cortés 2014, Zanetti *et al.* 2015, Li *et al.* 2023). Sin embargo, el uso de otros animales vertebrados como biomodelo para documentar la entomofauna asociada a cadáveres se ha reportado en varios estudios en diferentes países, así mismo, en México, algunos autores han analizado la composición principalmente desde una perspectiva ecológica (Cuadro 1). Aún cuando se han publicado muchos estudios acerca de las comunidades de insectos asociados a cadáveres, en México todavía son escasos, particularmente en Jalisco poco se ha estudiado la entomofauna procedente de cadáveres. Dado que el orden Coleoptera es un grupo altamente representado por especies relevantes para la entomología forense por sus distintos hábitos alimenticios, en este trabajo se describe la composición y diversidad de los ensamblajes de coleópteros necrócolos en cadáveres de diferentes especies de mamíferos en un agroecosistema en Zapopan, Jalisco, destacando la relevancia de algunas especies encontradas con potencial aplicación en la entomología forense por su marcada incidencia y estacionalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo de campo se realizó en un sitio ubicado en un agroecosistema compuesto por hortalizas y maíz en los campos experimentales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, en el predio Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México (20°44'39.55" N y 103°30'34.54" O, a 1,660 msnm) (Fig. 1). De acuerdo con García (2004), el área cuenta con clima (A) C (w1), que corresponde a un semicálido subhúmedo con lluvias en verano de julio a sep-

tiembre. De octubre a febrero se presenta un descenso en la temperatura, siendo de diciembre a febrero el periodo más frío y la época de estiaje abarca de marzo a mayo. En 2017, la temperatura media anual fue de 23.3°C y la precipitación anual fue 946 mm (CONAGUA 2017).

Trabajo de campo y trabajo de gabinete

Se emplearon tres cadáveres de mamíferos que se colocaron en un mismo sitio en tres periodos diferentes: cerdo (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) (CC) de 4.5 kg, del 18 de julio al 1 de agosto de 2017; venado (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780) (CV) de 4.8 kg del 14 al 25 de septiembre de 2017, y coati (*Nasua narica* Linnaeus, 1766) (CCO) de 5.2 kg del 9 al 25 de noviembre de 2017. Los cadáveres de venado y coati se encontraron recién atropellados en carreteras de Jalisco, cercanas a la zona de estudio. Estos fueron donados por Sergio Guerrero Vázquez, curador de la Colección de Vertebrados del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara, en donde previamente se les retiró la piel para conservarla en la colección. Los cadáveres permanecieron en refrigeración hasta su utilización para este estudio. El cerdo se adquirió en una granja porcina, y se sacrificó con el método de muerte por desangrado, de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-033-sag/zoo-2014 (métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres) (PROFEPA 2016), este se resguardó en una bolsa de plástico para evitar su contaminación durante el traslado hasta el sitio de estudio. Para evitar la remoción de los cadáveres por la fauna de vertebrados carroñeros presente en el área, se empleó la jaula de protección JPC-18 (jaula para cadáveres modelo 2018), dada su efectividad para resguardar cadáveres de animales en campo, además de que facilita la observación del proceso de descomposición, posibilita el flujo de aire y paso de luz naturalmente (López-Caro *et al.* 2019) (Figs. 2-5). Los muestreos se realizaron cada tercer día entre las 08:00 y las 09:00 horas, iniciaron al siguiente día de colocar los cadáveres y concluyeron hasta que se observó la total descomposición de tejidos blandos.

Los coleópteros se colectaron de manera directa manualmente usando guantes y pinzas, se preservaron en alcohol al 70%, se separaron por morfoespecie y se determinaron hasta la categoría taxonómica inferior posible. Para la determinación de los ejemplares se utilizaron los trabajos de Lepesme (1946), Vaurie (1955), Delgado *et al.* (2000), Mazur (2001), Navarrete-Heredia *et al.* (2002), Morón (2003) y Navarrete-Heredia (2009). Los ejemplares se depositaron en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología, de la Universidad de Guadalajara.

Análisis de datos

Para analizar la composición de los ensamblajes de coleópteros necrócolos en los tres tipos de cadáveres se consideraron dos indicadores: riqueza (S) y abundancia (n). Para la riqueza observada se utilizó el estimador q^0 en cada tipo de cadáver midiendo el número de especies (riqueza) y se

calculó la riqueza esperada con el estimador no paramétrico ACE (*Abundance-based coverage estimator*, Chao y Lee 1992). Se analizó la diversidad de orden $q=1$ (diversidad verdadera) considerando el exponencial del índice de Shannon, así como la diversidad verdadera esperada con el estimador del índice de Shannon Bias-corrected Shannon Diversity estimator (Chao y Shen, 2003). La unidad de medida fue el número de especies efectivas, que es la diversidad que tendría un ensamblaje virtual, en donde todas las especies tuvieran la misma abundancia (Jost, 2006). Estos cálculos se realizaron con el software SPADE (Chao y Shen, 2010).

Para observar los ensamblajes de coleópteros necrócolos y el patrón de la abundancia en cada uno de los cadáveres se generaron curvas de rango-abundancia en una escala logarítmica base 10, estas se realizaron en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel.

La disimilitud composicional de los ensamblajes de coleópteros necrócolos entre los tipos de cadáveres se evaluó mediante un análisis de agrupamiento con base en el índice de Bray-Curtis, ya que éste pondera que la distancia entre dos muestras está dada por la diferencia entre la abundancia y la composición de especies. El análisis se realizó en el programa PAST ver. 4.02 (Hammer *et al.* 2001).

Para describir la estructura trófica de los ensamblajes de coleópteros necrócolos de cada tipo de cadáver, se tomó como base la clasificación propuesta por Naranjo-López y Navarrete-Heredia (2011), porque facilita el entendimiento de la función que desempeñan las especies asociadas a la carroña, por su categoría ecológica y sus hábitos alimenticios.

RESULTADOS

Se colectaron 661 adultos de Coleoptera correspondientes a 40 morfoespecies (Cuadro 2), estas se agrupan en 11 familias, de las cuales Staphylinidae fue la más abundante, representando el 58% del total de individuos colectados. En el cadáver de cerdo (CC), representó el 64% de la abundancia; en el cadáver de venado (CV) el 63%, mientras que en el cadáver de coatí (CCO) abarcó el 52%. En general, las abundancias totales por tipo de cadáver muestran valores contrastantes, en CC se colectaron 132 individuos, mientras que en CV y CCO se colectaron 231 y 298, respectivamente.

Considerando la riqueza observada y la riqueza esperada, de acuerdo con el estimador no paramétrico ACE, se pudo calcular la completitud de los muestreos: en CCO se alcanzó el 84% de la riqueza esperada, mientras que en CV y CC se obtuvo el 57 y 79% de completitud, respectivamente. De las 40 morfoespecies, ocho fueron compartidas en los tres tipos de cadáver. En CC se colectaron 22 especies, ocho de estas son exclusivas, mientras que en CV fueron 21, de las cuales cuatro son exclusivas, en CCO se registraron 24 especies y nueve de estas son exclusivas (Cuadro 3).

Con la medida de diversidad verdadera ($q=1$), se encontró que tanto CC como CV tuvieron una diversidad igual a

la que tendría un ensamblaje teórico de 11 especies donde todas tuvieran la misma abundancia, mientras que en CCO se encontraron 10 especies efectivas. Respecto a la diversidad verdadera estimada, el porcentaje de completitud fue el siguiente: CV 93%, CCO 92% y CC 85% (Cuadro 3).

Las curvas de rango abundancia muestran una mayor equitatividad en el cadáver de cerdo, y alta dominancia en el cadáver de coatí. Las especies necrobias y necrófilas juegan un papel relevante por su asociación directa con los cadáveres. Para cada tipo de cadáver las cinco especies con mayor abundancia fueron: CC: *Anotylus* sp.1, *Philonthus* sp.3, *Dichotomius amplicollis* (Harold, 1869), *Philonthus* sp.2 y *Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758); CV: *Creophilus maxillosus*, *Thanatophilus truncatus* (Say 1823), *Philonthus* sp.4, *Aleochara* sp. y *Philonthus* sp.2; CCO: *Creophilus maxillosus*, *Dermestes carnivorus* Fabricius, 1775, *Dermestes maculatus* De Geer, 1774, *Aleochara* sp. e *Hister* sp. (Fig. 6).

El ensamblaje de coleópteros necrócolos, en términos de las familias, se estructura de la siguiente manera: Necrobios (Cleridae (S=1, n=26), Dermestidae (S=2, n=76), Silphidae (S=2, n=49) y Trogidae (S=3, n=6)); Necrófilos depredadores (Histeridae (S=6, n=82) y Staphylinidae (S=13, n=385)); necrófilos saprófagos (Leiodidae (S=1, n=2), Nitidulidae (S1, n=1) y Scarabaeidae (S=6, n=25)); Necroxenos (Carabidae (S=3, n=5), Scarabaeidae (S=1, n=1) y Tenebrionidae (S=1, n=3)). Por su riqueza específica, Staphylinidae ocupa el primer lugar (13 especies), seguida de Scarabaeidae (7 especies) e Histeridae (6 especies); considerando su abundancia, así mismo, Staphylinidae ocupa el primer lugar, seguida de Histeridae y Dermestidae. En cada tipo de cadáver, el grupo de los necrófilos depredadores fue el mejor representado. En CC el 50% de especies son necrófilos depredadores, el 23% son necrobios, el 23% son necrófilos saprófagos y el 4% son necroxenos. En CV el 48% son necrófilos depredadores, el 24% son necrófilos saprófagos, el 19% son necrobios y el 9% son necroxenos. En CCO el 55% de especies son necrófilos depredadores, el 25% son necrobias, el 13% son necroxenos y el 8% son necrófilos saprófagos (Fig. 7).

Con base en el índice de similitud de Bray-Curtis, se observó una clara separación en los ensamblajes de coleópteros necrócolos por tipo de cadáver; la mayor similitud se presentó en CCO y CV, separándose conjuntamente de CC (Fig. 8).

DISCUSIÓN

Existen distintos parámetros que afectan el proceso de sucesión de los artrópodos en los cadáveres, como la temperatura, humedad, tipo de cadáver, ubicación geográfica, localización del cuerpo e interacciones, entre otros (Sonker *et al.* 2018). En México, los estudios sobre la entomofauna necrócola en la descomposición cadavérica han utilizado diferentes modelos animales que habitualmente se encuentran en los ambientes en donde se han realizado los muestreos, por ejemplo, Caballero y León-Cortés (2012)

utilizaron ratas (*Rattus norvegicus* L.); cocodrilos (*Crocodylus acutus* (Cuvier)) en el estudio de Sánchez-Álvarez y Cupul-Magaña (2012), y boa (*Boa constrictor* L.) en el de Andrade-Herrera *et al.* (2020). Así mismo, nuestro trabajo empleó modelos animales que con frecuencia pueden encontrarse cercanos a la zona de estudio: mamíferos omnívoros (cerdo y coatí) o herbívoros (venado).

De las 40 morfoespecies que conforman el ensamblaje de coleópteros en los tres tipos de cadáveres, la mayoría pertenece a la familia Staphylinidae. En cuanto al esfuerzo de muestreo, los resultados mostraron que fue adecuado para el cadáver de coatí por arriba del 80%, excepto en el cadáver de venado y cerdo en los que se colectó menos del 80%, sin embargo, cabe resaltar que la carroña es un recurso efímero y discontinuo en el espacio y tiempo (Favila 2001), lo que puede limitar el incrementar el esfuerzo de muestreo en el tiempo.

Desde una perspectiva global, la composición de la coleopterofauna a nivel familia que encontramos asociada a los cadáveres en nuestro estudio, es similar a la observada en estudios previos de interés forense realizados en diferentes países, como Venezuela (Liria Salazar 2006), Polonia (Matuszewski *et al.* 2010), Argentina (Zanetti *et al.* 2015), Arabia Saudita (Haddadi *et al.* 2019), Perú (Saavedra-Alburqueque *et al.* 2019), entre otros. Aun cuando las especies son diferentes de una región a otra, en general, las familias son las mismas independientemente del tipo de cadáver. En este trabajo registramos a 11 familias de Coleoptera, de las cuales nueve son conocidas por su estrecha asociación con la carroña. De las contribuciones que existen en México sobre coleópteros asociados a cadáveres de vertebrados y su relevancia en la entomología forense médico-legal, solo la de Caballero y León-Cortés (2014) incluye a seis de las familias analizadas en este trabajo, aunque reportaron en total 21 familias de Coleoptera usando cadáveres de cerdo. Similar a lo encontrado en nuestro trabajo, la familia Staphylinidae fue la mejor representada en cuanto a su riqueza y abundancia, seguida también por Scarabaeidae e Histeridae.

Con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que el cadáver de cerdo y en el de venado tuvieron una diversidad similar, con 11 especies efectivas; por su parte, en el cadáver de coatí se encontró una diversidad de 10 especies efectivas. Al expresar estas equivalencias, se concluye que tanto el cadáver de cerdo como el de venado son 1.1 veces más diversos que el cadáver de coatí. Dicho de otra manera, en el cadáver de coatí se redujo el 9% de la diversidad que tienen el cadáver de cerdo y el de venado. Los resultados contrastantes respecto a las medidas de diversidad verdadera de orden $q=0$ y $q=1$, se debe principalmente a que algunas especies fueron raras y otras altamente abundantes. Las especies raras fueron principalmente del grupo de los necroxenos y los necrófilos saprófagos. Las curvas de rango abundancia mostraron este patrón en cada uno de los ensamblajes. *Creophilus maxillosus* (necrófilo depredador) fue la especie más dominante en el cadáver de coatí y en

el de venado. Esta especie se ha reportado frecuentemente como la especie de estafilínido con mayor importancia forense, por lo que Matuszewski *et al.* (2010) informaron que es muy útil para las estimaciones del PMImin basadas en la sucesión. Otra especie dominante fue *Dermestes carnivorus* (necrobio), que se presentó como exclusiva en el cadáver de coatí. Esta especie tiene una distribución cosmopolita (Háva 2015), pero pocos estudios reportan su presencia como parte de la entomofauna asociada a cadáveres; no obstante, recientemente fue reportada por Andrade-Herrera *et al.* (2020) en un cadáver de *Boa constrictor* en una localidad de Yucatán. Por su parte, *Thanatophilus truncatus* (necrobio) fue representativa en el cadáver de venado; estudios previos en Jalisco han documentado la presencia de esta especie en los meses que abarca el temporal de lluvias y se ha evidenciado que presenta una estrecha asociación con cadáveres de vertebrados (Quiroz-Rocha *et al.* 2008).

Si bien, la entomofauna que presenta atracción por la carroña no es específica sobre un tipo de cadáver (Kocárek 2003), los valores del índice de Bray-Curtis presentaron una clara disimilitud en la composición de los ensamblajes de coleópteros necrócolos por tipo de cadáver; aunque la mayor similitud se presentó entre el venado y el coatí, las diferencias encontradas podrían ser resultado de las condiciones climáticas presentes durante el tiempo de la descomposición de cada cadáver, así como por la fenología de las especies de coleópteros. Este trabajo coincide con lo propuesto por Quiroz-Rocha *et al.* (2008), quienes mencionan que las diferencias en los ensamblajes de coleópteros necrócolos están en función de las características del ambiente. Es recomendable el uso de variables ambientales para determinar los factores que influyen en los ensamblajes de insectos necrócolos.

El ensamblaje de coleópteros necrobios y necrófilos mostró especies exclusivas y compartidas, estas pueden apoyar en futuros estudios aplicados para determinar el PMImin basado en la sucesión, además pueden ser usadas como indicadores de la temporada de muerte y/o aportar información sobre posibles traslados de cadáveres. Potencialmente se pueden considerar de importancia forense al constituir las especies más abundantes que se presentaron en la zona de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Sergio Guerrero Vázquez por la donación de los cadáveres de venado y coatí, a Ramón Rodríguez Macías y al Rancho La Cofradía por la donación del cadáver de cerdo. Se dedica este trabajo a Mario E. Favila como reconocimiento a su amplia trayectoria en el estudio de la diversidad, ecología y comportamiento de los escarabajos Scarabaeinae de México. A los revisores anónimos por sus comentarios al manuscrito.

LITERATURA CITADA

Alburqueque, D., K. Andrade-Herrera, H. Verona-La Rosa, M. Córdova-Espinoza. 2019. Coleópteros (Insecta: Co-

- leoptera) asociados a cadáveres de vertebrados marino costeros en la playa Colán, Piura (Perú). *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 5(1): 1-8.
- Anderson, G. S. 2000. Insect succession on carrion and its relationship to determining time since death. (pp.143-176) In: Byrd, J. H. and J. L. Castner (Eds.). *Forensic Entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. <https://doi.org/10.4324/9780367801731>
- Anderson, G. S. and S. L. VanLaerhoven. 1996. The initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*, 41(4): 617-625.
- Andrade-Herrera, K., C. A. Mello-Patiu, C. Núñez-Vázquez y E. Estrella. 2020. Flesh Flies (Diptera: Sarcophagidae) Attracted to a Snake Carcass (*Boa constrictor*) in Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 57(6): 2011-2015. <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa115>
- Battán Horenstein, M., X. Linhares, B. Rosso De Ferrada and D. García. 2010. Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. *Medical and Veterinary Entomology*, 24(1):16-25. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00854.x>
- Benbow, M. E., P. S. Barton, M. D. Ulyshen, J. C. Beasley, T. L. DeVault, M. S. Strickland, J. K. Tomberlin, H. R. Jordan and J. L. Pechal. 2019. Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter. *Ecological Monographs*, 89 (1): e01331. <https://doi.org/10.1002/ecm.1331>
- Berg, M. C. and M. E. Benbow. 2013. Environmental factors associated with *Phormia regina* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) oviposition. *Journal of Medical Entomology*, 50(2): 451-457. <https://doi.org/10.1603/ME12188>
- Byrd, J. H. and J. L. Castner. 2010. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. 2nd Ed Boca Raton, FL: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/NOE0849392153>
- Byrd J. H. and J. K. Tomberlin, 2020. Insect of forensic importance (pp. 16-60). In: Byrd J. H. and J. K. Tomberlin (Eds.). *Forensic entomology. The utility arthropods in legal investigations*. CRC Press. Boca Raton. <https://doi.org/10.4324/9781351163767>
- Caballero, U. and J. L. León-Cortés. 2012. High diversity beetle assemblages attracted to carrion and dung in threatened tropical oak forests in southern Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 16: 537-547. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9439-y>
- Caballero, U. and León-Cortés, J. L. 2014. Beetle succession and diversity between clothed sun-exposed and shaded pig carrion in a tropical dry forest landscape in Southern Mexico. *Forensic Science International*, 245:143-50. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.040>
- Capó, M. A., M. V. Peinado, J. Mateos, y M. J. Anadón Baselga. 2004. Entomofauna cadavérica establecida al aire libre. *Medicina Balear*, 19(2): 29-38.
- Chao, A. and T. J. Shen. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics*, 10: 429-433. <https://doi.org/10.1023/A:1026096204727>
- Chao, A. and S. M. Lee. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association*, 87: 210-217.
- Chao, A. and T. J. Shen. 2010. Programa SPADE (Species Prediction and Diversity Estimation). Programa y guía de uso. [Consultado 20 abril 2023]. Disponible en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/spade/>
- CONAGUA. 2017. Reporte del Clima en México: Reporte anual 2017. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2017.pdf>. Consultado el: 15-05-2023.
- Delgado, L., A. Pérez y J. Blackaller. 2000. Claves para determinar a los taxones genéricos y supragenéricos de Scarabaeoidea Latreille, 1802 (Coleoptera) de México. *Folia Entomológica Mexicana*, (110): 33-87.
- Denno, R. F. and W. R. Cothran. 1975. Niche relationships of a guild of necrophagous flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 68(4): 741-754. <https://doi.org/10.1093/aesa/68.4.741>
- Denno, R. F. and W. R. Cothran. 1976. Competitive interactions and ecological strategies of sarcophagid and calliphorid flies inhabiting rabbit carrion. *Annals of the Entomological Society of America*, 69(1): 109-113. <https://doi.org/10.1093/aesa/69.1.109>
- Devault, T. L., O. E. Rhodes, and J. A. Shivik. 2003. Scavenging by vertebrates: Behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems. *Oikos*, 102(2): 225-234. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12378.x>
- Early, M., and M. L. Goff. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *Journal of Medical Entomology*, 23(5):520-531.
- Favila, M. E. 2001. Historia de vida y comportamiento de un escarabajo necrófago: *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte (Coleoptera: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 40(2): 245-278.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía-UNAM. México.
- Goff, M. L. 1993. Estimation of postmortem interval using arthropod development successional patterns. *Forensic Science Review*, 5(2): 81-94.

- González-Hernández, A. L., J. L. Navarrete-Heredia, G. A. Quiroz-Rocha y C. Deloya. 2015. Coleópteros necrócolos (Scarabaeidae: Scarabaeinae, Silphidae y Trogidae) del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3): 764-770. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.006>
- Haddadi R., R. Alajmi, R. A. Abdel-Gaber. 2019. A comparative Study of Insect Succession on Rabbit Carrion in Three Different Microhabitats. *Journal of Medical Entomology*, 56(3): 671-680. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy235>
- Hammer, O., D. A. T. Harper and D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4: 9.
- Háva, J. 2015. *World Catalogue of Insects. Volume 13. Dermestidae (Coleoptera)*. Leiden, Boston: Brill, 419 pp.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kocárek, P. 2003. Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. *European Journal of Soil Biology*, 39(1): 31-45. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)00007-9](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)00007-9)
- Lepesme, P. 1946. Révision des Dermestes (Coleoptera, Dermestidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 115: 37-68.
- Li, L., Y. Guo, Y. Zhou, Y. Yang, C. Kang, G. Hu, Y. Wang, Y. Zhang, Y. Wang and W. Juangfeng. 2023. Succession patterns of sarcosaprophagous insects on pig carcasses in different months in Yangtze River Delta, China. *Forensic Science International*, 342: 111518. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111518>
- Liria Salazar, J. 2006. Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo-Venezuela. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 23(1):33-38.
- López-Caro, J. B., G. A. Quiroz-Rocha, J. L. Navarrete-Heredia y B. Hernández. 2016. Coleópteros necrócolos en cadáver de reptil, ave y mamífero en un Bosque de Pino perturbado y en una zona de cultivo de maíz en Zapopan, Jalisco, México. *Dugesiana*, 23(1): 3-14. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v23i1.4648>
- López-Caro, J. B., G. A. Quiroz-Rocha, M. Vásquez-Bolaños y J. L. Navarrete-Heredia. 2019. Coleópteros Asociados a Cadáveres de Mamíferos: Diseño de una Jaula para la Protección de Cadáveres Durante el Muestreo de Artrópodos Necrócolos, *Southwestern Entomologist*, 44(3): 659-666. <https://doi.org/10.3958/059.044.0311>
- Martínez, M. D., M. I. Arnaldos, E. Romera y M. D. García. 2002. Los Formicidae (Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. *Anales de Biología*, 24: 33-44
- Matuszewski, S., D. Bajerlein, S. Konwerski and K. Szpila. 2010. Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 1: pattern and rate of decomposition. *Forensic Science International*, (194): 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.10.016>
- Matuszewski, S., D. Bajerlein, S. Konwerski, and K. Szpila. 2011. Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 3: succession of carrion fauna. *Forensic Science International*, 207:150-163. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.09.022>
- Matuszewski, S., M. J. R. Hall, G. Moreau, K. G. Schoenly, A. M. Tarone and M. H. Villet. 2020. Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. *International Journal of Legal Medicine*, 134:793-810. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02074-5>
- Mazur, S. 2001. Review of the Histeridae (Coleoptera) of México. *Dugesiana*, 8(2): 17-66. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v8i2.7218>
- Merritt, R. and M. Benbow. 2009. Forensic entomology. In: Jamieson, A., A. Moenssens and N. J. Hoboken (Eds.). *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*. Wiley, Barcelona. <https://doi.org/10.1002/9780470061589.fsa072.pub2>
- Michaud, J. P., K. G. Schoenly, and G. Moreau. 2015. Rewriting ecological succession history: did carrion ecologists get there first? *Quarterly Review of Biology*, 90(1):45-66. <https://doi.org/10.1086/679763>
- Morón, M. A. 2003. Familia Scarabaeidae. (pp. 19-74). En: M. A. Morón (ed.). *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae*. Argania Editio, Barcelona.
- Navarrete-Heredia, J. L. 2009. Silphidae (Coleoptera) de México: Diversidad y distribución. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Naranjo-López, A. G. y J. L. Navarrete-Heredia. 2011. Coleópteros necrócolos (Histeridae, Silphidae y Scarabaeidae) en dos localidades de Gómez Farías, Jalisco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1): 103-110.
- Navarrete-Heredia, J. L., A. F. Newton, M. K. Thayer, J.S. Ashe y D.S. Chandler. 2002. Guía Ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Illustrated guide to the genera of Staphylinidae (Coleoptera) of México. Universidad de Guadalajara-CONABIO, D.F., México, D.F.
- Payne, J. A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*, 46: 592-602. <https://doi.org/10.2307/1934999>
- Payne, J. A., and E. W. King. 1972. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 7: 153-162.
- PROFEPA. 2016. NOM-033-sag/zoo-2014 (métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres) <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-033-sag-zoo-2014-metodos-pa>

[ra-dar-muerte-a-los-animales-domesticos-y-silvestres](#).

Consultado el: 15/05/2023.

- Quiroz-Rocha G. A., J. L. Navarrete-Heredia y P. A. Martínez-Rodríguez. 2008. Especies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) y Silphidae (Coleoptera) necrófilas de Bosque de Pino-Encino y Bosque Mesófilo de Montaña en el Municipio de Mascota, Jalisco, México. *Dugesiana*, 15(1): 27-37.
<https://doi.org/10.32870/dugesiana.v15i1.3848>
- Rodríguez W. D. y J. L. Navarrete-Heredia. 2014. Modificación de la Necrotrampa Permanente (NTP-80) para la recolecta de estafilínidos necrócolos (Coleoptera: Staphylinidae) y aspectos metodológicos para estudios sistemáticos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 55: 147-152.
- Sánchez-Álvarez G. y F. G. Cupul-Magaña. 2012. Sobre la presencia de moscas califóridas (Diptera: Calliphoridae) en cadáveres de juveniles de cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en Puerto Vallarta, Jalisco. *Biocyt*, 5(19): 353-357.
<https://doi.org/10.22201/fesi.20072082.2012.5.76098>
- Schoenly, K. G. and W. Reid. 1987. Dynamics of heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages: Discrete seres or a continuum of change? *Oecologia*, 73: 192-202.
<https://doi.org/10.1007/BF00377507>
- Shean, B. S., L. Messinger and M. Papworth. 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed vs. shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Sciences*, 38(4): 938-949.
- Smith, K. G. V. 1986. *A manual of forensic entomology*. The Trustees of the British Museum (Natural History). London.
- Sonker, R., S. Rawat and K. Singh. 2018. Factors affecting the arthropod succession on a dead animal. *International Journal of Scientific and Innovative Research*, (6): 11-22.
- Tomberlin, J. K., R. Mohr, M. E. Benbow, A. M. Tarone, and S. Vanlaerhoven. 2011. A roadmap for bridging basic and applied research in forensic entomology. *Annual Review of Entomology*, 56: 401-421.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-051710-103143>
- VanLaerhoven, S. L. 2020. Ecological theory of community assembly and its application in forensic entomology. In Byrd J. H. and J. K. Tomberlin (Eds.), *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations* (3rd ed.) (pp. 365-378), CRC Press, Boca Raton.
<https://doi.org/10.4324/9781351163767>
- Vaurie, P. 1955. A revision of the genus *Trox* in North America (Coleoptera: Scarabaeidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 106(1): 1-90.
- Villamil, R. E., N. Galindo and J. L. Navarrete-Heredia. 2007. Caracterización de la coleoptero fauna asociada a cadáveres de *Mus musculus* L. en la Reserva Ecológica del Pedregal. *Entomología Mexicana*, 6: 885-888.
- Zanetti, N. I., E. C. Visciarelli and N. D. Centeno. 2015. Associational patterns of scavenger beetles to decomposition stages. *Journal of Forensic Sciences*, 60(4): 919-927.
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.12781>

Recibido: 30 de mayo 2023

Aceptado: 23 de junio 2023

Cuadro 1. Estudios sobre entomofauna necrócola, realizados en diferentes localidades de México y el mundo en donde han empleado distintos modelos animales.

Modelo	Localidad	Referencia
Pollos	Murcia, España	Martínez <i>et al.</i> (2002)
Ratas	Carabobo, Venezuela	Liria (2006)
	Ciudad de México, México	Villamil <i>et al.</i> (2007) Caballero y León-Cortés (2012)
	Chiapas, México	
Conejos	Riyadh, Arabia Saudita	Haddadi <i>et al.</i> (2019)
Lobo marino, delfin, pelicano, tortuga, pez	Piura, Perú	Saavedra-Alburqueque <i>et al.</i> (2019)
Rata, codorniz, conejo, cerdo	Mascota, Jalisco, México	Quiroz-Rocha <i>et al.</i> (2008)
Cocodrilo	Puerto Vallarta, Jalisco, México	Sánchez-Álvarez y Cupul-Magaña (2012)
Paloma, rata, iguana	Zapopan, Jalisco, México	López-Caro <i>et al.</i> (2016)
Boa	Yucatán, México	Andrade-Herrera <i>et al.</i> (2020)

Cuadro 2. Morfoespecies de Coleoptera colectadas en cadáveres de cerdo, venado y coatí en una zona de cultivo en Zapopan, Jalisco, México; y su categoría ecológica (C E): NB-necrobio, ND-necrófilo depredador, NS- necrófilo saprófago, NX-necroxeno.

FAMILIAS	MORFOESPECIES	C E	CERDO	VENADO	COATÍ
Carabidae	<i>Brachinus</i> sp.	NX	0	3	0
	<i>Calosoma</i> sp.	NX	0	0	1
	<i>Notobia</i> sp.	NX	0	1	0
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	NB	1	15	10
Dermestidae	<i>Dermestes carnivorus</i>	NB	0	0	43
	<i>Dermestes maculatus</i>	NB	1	1	31
Histeridae	<i>Carcinops</i> sp.	ND	1	0	1
	<i>Euspilotus</i> sp.1	ND	10	16	13
	<i>Euspilotus</i> sp.2	ND	5	6	0
	<i>Hister</i> sp.	ND	5	5	15
	<i>Saprinus</i> sp.	ND	0	0	2
	<i>Xerosaprinus</i> sp.	ND	0	0	3
Leiodidae	<i>Ptomaphagus</i> sp.	NS	0	2	0
Nitidulidae	<i>Omosita</i> sp.	NS	0	0	1
Scarabaeidae	<i>Ataenius borgmeieri</i>	NS	1	1	1
	<i>Coprophanæus pluto</i>	NS	1	1	0
	<i>Cyclocephala lunulata</i>	NX	0	0	1
	<i>Dichotomius amplicollis</i>	NS	14	2	0
	<i>Onthophagus hoepfneri</i>	NS	0	1	0
	<i>Onthophagus knulli</i>	NS	1	0	0
	<i>Scatimus ovatus</i>	NS	2	0	0
Silphidae	<i>Oxelytrum discicolle</i>	NB	0	3	2
	<i>Thanatophilus truncatus</i>	NB	0	29	15
Staphylinidae	<i>Aleochara</i> sp.	ND	0	26	20
	<i>Anotylus</i> sp.1	ND	28	0	0
	<i>Anotylus</i> sp.2	ND	2	0	0
	<i>Belonuchus rufipennis</i>	ND	2	5	4
	<i>Creophilus maxillosus</i>	ND	10	60	106
	<i>Neohypnus</i> sp.	ND	1	0	0
	<i>Philonthus</i> sp.1	ND	0	7	4
	<i>Philonthus</i> sp.2	ND	13	19	11
	<i>Philonthus</i> sp.3	ND	28	1	0
	<i>Philonthus</i> sp.4	ND	0	27	2
	<i>Platydracus</i> sp.	ND	0	0	4
	<i>Platydracus</i> sp. gpo. <i>Cyanipennis</i>	ND	2	0	0
	<i>Xantophygus</i> sp.	ND	0	0	3
Tenebrionidae	Tenebrionidae sp.	NX	0	0	3
Trogidae	<i>Omorgus rubricans</i>	NB	1	0	0
	<i>Omorgus suberosus</i>	NB	2	0	2
	<i>Trox spinulosus dentibius</i>	NB	1	0	0

Cuadro 3. Riqueza ($q=0$) y diversidad verdadera ($q=1$) de los ensamblajes de coleópteros necrócolos asociados a cadáveres de mamíferos en Zapopan, Jalisco. Los valores entre paréntesis representan los porcentajes de completitud.

Cadáver	Individuos	Riqueza ($q=0$)			Diversidad ($q=1$)	
		Obs.	Est.	Excl.	Obs.	Est.
CERDO	132	22	38.8 (57%)	8	11.17	13.12 (85%)
VENADO	231	21	26.6 (79%)	4	10.78	11.55 (93%)
COATÍ	298	24	28.6 (84%)	9	9.77	10.44 (92%)



Figura 1. Sitio de muestreo. Zona de cultivo de maíz (ZC) en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), predio Las Agujas, Nextipac.



Figura 2-5. Cadáveres colocados en campo. 2) Vista de la jaula JPC-18 instalada; 3) Cerdo; 4) Venado; 5) Coatí.

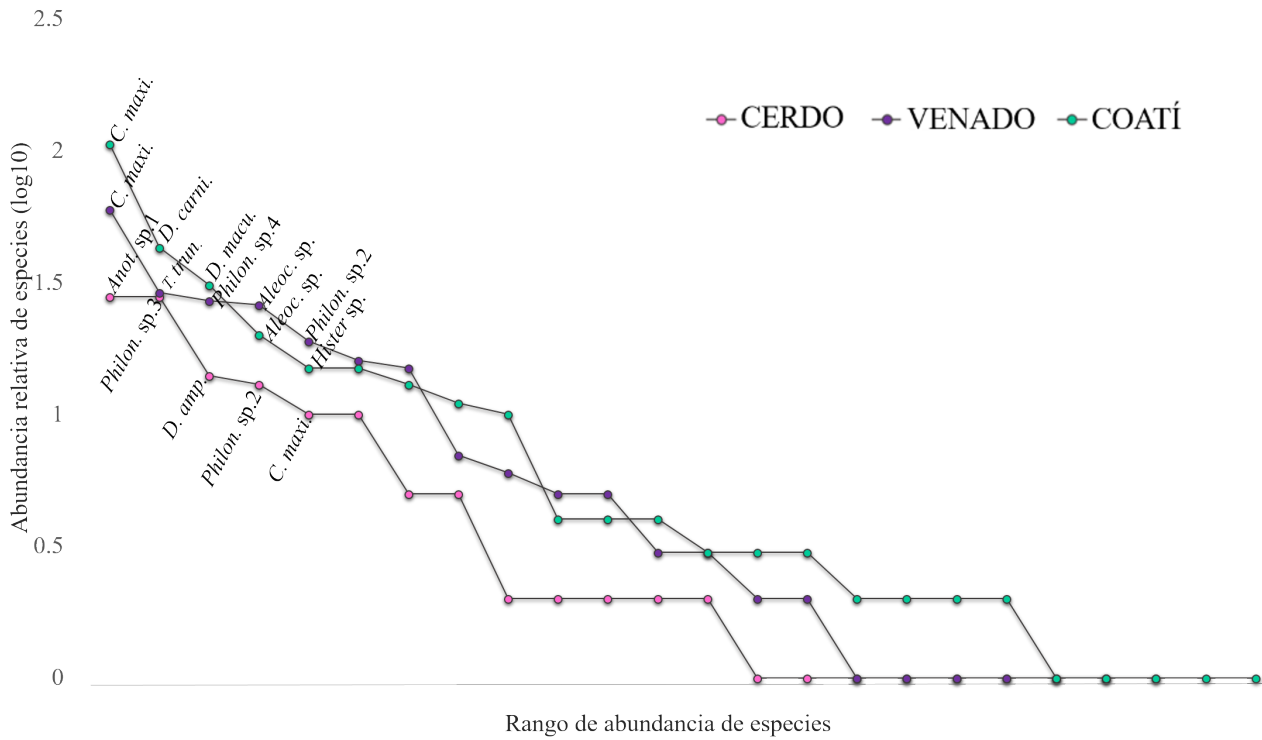


Figura 6. Curvas de Rango-abundancia de especies. Color rosa: Cerdo. Color morado: Venado. Color verde: Coatí.

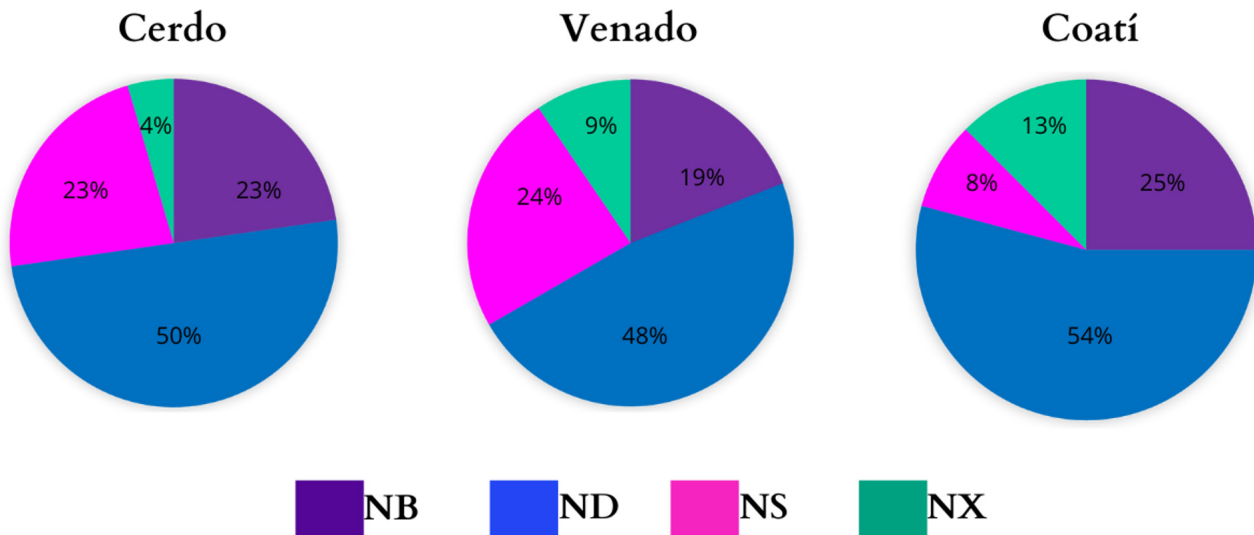


Figura 7. Categorías ecológicas. NB-necrobio, ND-necrófilo depredador, NS- necrófilo saprófago, NX-necroxeno.

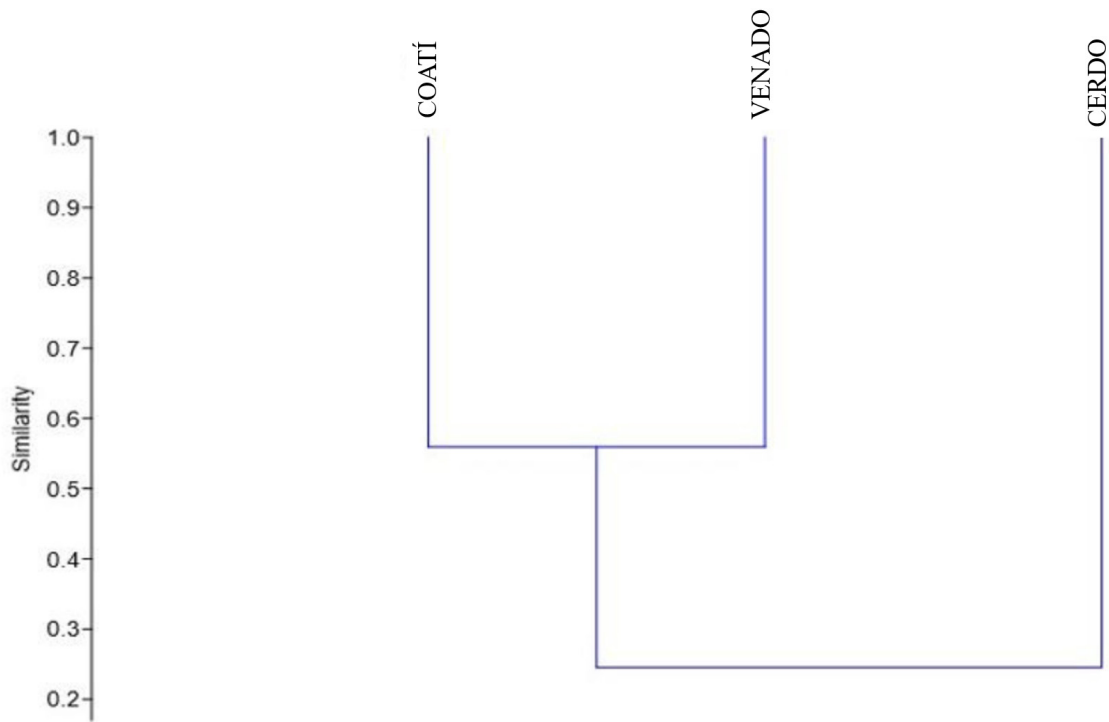


Figura 8. Dendrograma de disimilitud de Bray-Curtis.