

Composición y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres áreas urbanas del departamento del Tolima, Colombia

Composition and structure of dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeinae) in three urban areas of the department of Tolima, Colombia

Ingri Tatiana Cárdenas-Espitia ^{ID}1*, Emmanuel José Quintero Rivera ^{ID}1, Jaime Leonardo Lozano Bravo ^{ID}1, Gladys Reinoso Flórez ^{ID}1

- Recibido: 13/Abr/2021
- Aceptado: 04/Ago/2023
- Publicación en línea: 05/Sep/2023

Citación: Cardenas-Espitia I, T, Quintero-Rivera E.J, Lozano-Bravo J, L, Reinoso-Florez G. 2023. Composición y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres áreas urbanas del departamento del Tolima, Colombia. *Caldasia* 45(3):532-542. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n3.94851>

RESUMEN

La pérdida de biodiversidad en las áreas urbanas se asocia principalmente con la alteración de las características naturales de los ecosistemas como consecuencia de actividades humanas. Existe información limitada sobre la dinámica del ensamblaje de escarabajos coprófagos en estas áreas, a pesar del importante rol ecológico de este grupo en los ecosistemas. Por tal motivo, se determinó la composición y estructura de tres áreas naturales dentro de una matriz urbana del departamento del Tolima. Se realizaron muestreos en marzo, abril, junio y julio del 2018 teniendo en cuenta los periodos de precipitación; además se midieron la temperatura del suelo y ambiental, humedad relativa, del suelo y penetrabilidad del suelo. La recolección de organismos se realizó por medio de trampas caída, cebadas con excremento. Se recolectaron 2201 organismos distribuidos en siete géneros, nueve especies y cuatro morfoespecies. El Jardín Botánico Alejandro von Humboldt se encuentra más inmerso dentro de la matriz urbana, éste mostró una mayor riqueza. En términos de abundancia, el Mariposario del Tolima a pesar de tener una menor extensión fue el que presentó el valor más alto. En general, la estructura estuvo dominada por *Canthidium* sp.1 y *Dichotomius satanas*, ajustándose al modelo de serie logarítmica. La mayor abundancia se registró durante la transición de lluvias, y la mayor riqueza durante la temporada seca. Se evidencia la importancia de las áreas evaluadas para la conservación de los escarabajos coprófagos en matrices urbanas, en donde algunas especies podrían estar presentando una tolerancia a los efectos de la urbanización.

Palabras clave: Áreas urbanas, *Dichotomius*, jardín botánico, Scarabaeinae.

¹ Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena parte alta, Ibagué, Tolima, Colombia; email: itcardenases@ut.edu.co; ejosequintero@ut.edu.co; jlozanob@ut.edu.co, greinoso@ut.edu.co

* Autor para correspondencia.



ABSTRACT

The loss of biodiversity in urban areas is mainly associated with the alteration of the natural characteristics of ecosystems because of human activities. There is limited information on the dynamics of dung beetle assembly in these areas, despite the important ecological role of this group in ecosystems. For this reason, the composition and structure of three natural areas within an urban matrix of the Department of Tolima was determined. Sampling was carried out in March, April, June, and July 2018 considering the precipitation periods; In addition, soil and environmental temperature, relative humidity, and soil penetrability were measured. The collection of organisms was carried out using pitfall traps, baited with excrement. 2201 organisms distributed in seven genera, nine species, and four morphospecies were collected. The Alejandro von Humboldt Botanical Garden is more immersed within the urban matrix, it shows greater richness. In terms of abundance, the Tolima Butterfly Garden, despite having a smaller area, was the one with the highest value. In general, the structure was dominated by *Canthidium* sp.1 and *Dichotomius satanas*, adjusting to the logarithmic series model. The greatest abundance was recorded during the rainy transition and the greatest richness during the dry season. The importance of the areas evaluated for the conservation of dung beetles in urban matrices is evident, where some species could be showing tolerance to the effects of urbanization.

Keywords: *Dichotomius*, botanical garden, Scarabaeinae, Urban areas.

INTRODUCCIÓN

La modificación de las características naturales de los ecosistemas como consecuencia de la urbanización es, sin lugar a duda, una de las principales amenazas para la biodiversidad (Sala *et al.* 2000, Salomão *et al.* 2020), este proceso genera pérdida de hábitats y reducción en el tamaño y aislamiento de los fragmentos de bosque (Bustamante y Grez 1995, Fahrig 2003). Existen grandes limitaciones en el mantenimiento de la biodiversidad nativa en los fragmentos de bosque que permanecen dentro de las áreas urbanas (Gregg *et al.* 2003, Alberti 2005, McKinney 2008, Chen *et al.* 2010, Salomão *et al.* 2019), presentándose menor riqueza de especies y, por ende, una disminución en los servicios ecosistémicos, ya que se pierden comunidades ecológicas fundamentales.

Un grupo importante dentro de los ecosistemas son los escarabajos coprófagos, ya que participan en procesos como la degradación del excremento, remoción y aireación del suelo, dispersión secundaria de semillas y el control de algunos parásitos (Nichols *et al.* 2008). Su alimentación se centra principalmente en excremento de mamíferos y otros vertebrados, con especies especializadas en determinados tipos de estiércol (Bourg *et al.* 2016). Sin embargo, también presentan hábitos más generalistas en donde

consumen carroña, huevos en descomposición, fruta podrida, hojarasca, hongos y hasta animales vivos (Gill 1991, Halfter y Matthews 1966, Pfrommer y Krell 2004, Bourg *et al.* 2016).

Dada la sensibilidad de los escarabajos coprófagos a la pérdida de hábitats, reducción y aislamiento en los parches de bosque, la superficie impermeable, además de la contaminación resultante de la urbanización (Bustamante y Grez 1995, Sala *et al.* 2000, Fahrig 2003, Salomão *et al.* 2019) es importante realizar estudios encaminados a conocer la diversidad y temporalidad de los escarabajos coprófagos en áreas urbanas. Teniendo en cuenta lo anterior, se tuvo como objetivo determinar la composición y estructura de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en tres áreas urbanas del departamento del Tolima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La recolección de organismos se realizó en tres áreas naturales dentro de una matriz urbana de la ciudad de Ibagué en el departamento del Tolima, Colombia (Fig. 1). El jardín botánico Alejandro von Humboldt (4°25' Norte, 75°12' Oeste; 1070-1170 m de altitud), se ubica dentro de la sede principal del campus de la Uni-

versidad del Tolima, en el cual diferentes actividades académicas generan una modificación constante de las características de la vegetación y del suelo. El área se encuentra bordeada por el río Combeima, colindando con un área de uso residencial. Posee una extensión de 10 ha; la temperatura varía entre los 22,5 y 26,5 °C, con una precipitación anual de 1786 mm (Pabón 2004, Ospina y Reinoso-Flórez 2009). El jardín botánico San Jorge (4°35' Norte, 74°04' Oeste; 1200-1300 m de altitud) se ubica sobre los cerros noroccidentales de la ciudad, colindando con un área residencial y parches de cultivos agrícolas, posee una topografía ondulada en donde nacen las quebradas Jagualito, Caño Arrubla y la Cunchalosa, además de una extensión de 60 ha, de las cuales 48 ha corresponden a un bosque subandino muy diverso, con más de 500 especies vegetales, la temperatura promedio es de 24 °C (Oyuela *et al.* 2016), con una precipitación anual de 1783,16 mm. En las inmediaciones del jardín se desarrollan actividades de ecoturismo. El Mariposario del Tolima (4°27' Norte, 75°11' Oeste; 1130-1158 m de altitud), se encuentra ubicado al norte de la ciudad, en el sector residencial del Vergel. Posee una extensión de 4 ha, representadas por un bosque secundario en conservación. El área se encuentra colindando con sitios urbanizados y matrices de ganadería. El mapa de las áreas de estudio (Fig. 1) fue generado usando ArcGIS® Pro 2.5.0.

Recolección, procesamiento e identificación de coleópteros coprófagos: Se efectuaron muestreos simultáneos durante los meses de marzo, abril, junio y julio del año 2018, teniendo en cuenta los periodos de precipitaciones en la región (transición a lluvias, lluvias, transición a sequía y temporada de sequía respectivamente) con base en el historial pluviométrico de los últimos 20 años obtenido del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

La metodología usada fue modificada de Villarreal *et al.* (2006). Se establecieron tres transectos lineales dentro de cada área de estudio. En cada transecto, se instalaron cinco trampas de caída separadas 30 metros entre sí y cebadas con excremento humano. Las trampas permanecieron durante 72 horas y se realizó una revisión cada 24 horas para extraer el material recolectado y renovar el atrayente. Cada una de las estaciones y trampas fueron georreferenciadas con un geoposicionador de satélite (Garmin GPSMAP® 62s).

Tabla 1. Composición taxonómica y abundancia de las especies y morfoespecies de escarabajos coprófagos recolectadas en las tres áreas. JBAVH: Jardín Botánico Alejandro von Humboldt, JBSJ: Jardín Botánico San Jorge y MT: Mariposario del Tolima.

ESPECIES / MORFOESPECIES	JBAVH	JBSJ	MT	TOTAL
<i>Ateuchus</i> sp1	4	1	2	7
<i>Canthidium</i> sp1	581	336	403	1320
<i>Canthidium</i> sp2			2	2
<i>Canthidium</i> sp3	5		2	7
<i>Canthon subhyalinus</i> Harold, 1867	45		10	55
<i>Copris susanae</i> Darling y Génier, 2018	2	4		6
<i>Coprophanaeus corythus</i> (Harold, 1863)	3	15	8	26
<i>Dichotomius belus</i> (Harold, 1880)		2		2
<i>Dichotomius satanas</i> (Harold, 1867)	96	332	322	750
<i>Eurysternus foedus</i> Guérin-Ménéville, 1844	3	2	2	7
<i>Eurysternus marmoreus</i> Castelnau, 1840		2		2
<i>Onthophagus acuminatus</i> Harold, 1880	1	7	6	14
<i>Onthophagus</i> sp1	3			3

La distancia entre las trampas se eligió debido a que la diferencia entre las extensiones de las tres áreas urbanas estudiadas no permite la instalación de trampas a mayor distancia sin sobrepasar los límites de las áreas de interés. Asimismo, la distancia de 30 metros entre trampas permitió establecer un número igual de trampas (cinco) para cada área y así obtener datos de riqueza y abundancia comparables.

El material recolectado se almacenó en alcohol al 96 % y la determinación de los organismos se realizó mediante claves, ilustraciones y descripciones realizadas por los autores Génier (1998), Medina y Lopera-Toro (2000), Génier (2009), Edmonds y Zidek (2010), Vaz-de-Mello *et al.* (2011), Delgado y Curoe (2014), Darling y Génier (2018). El material fue procesado en el laboratorio del Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima

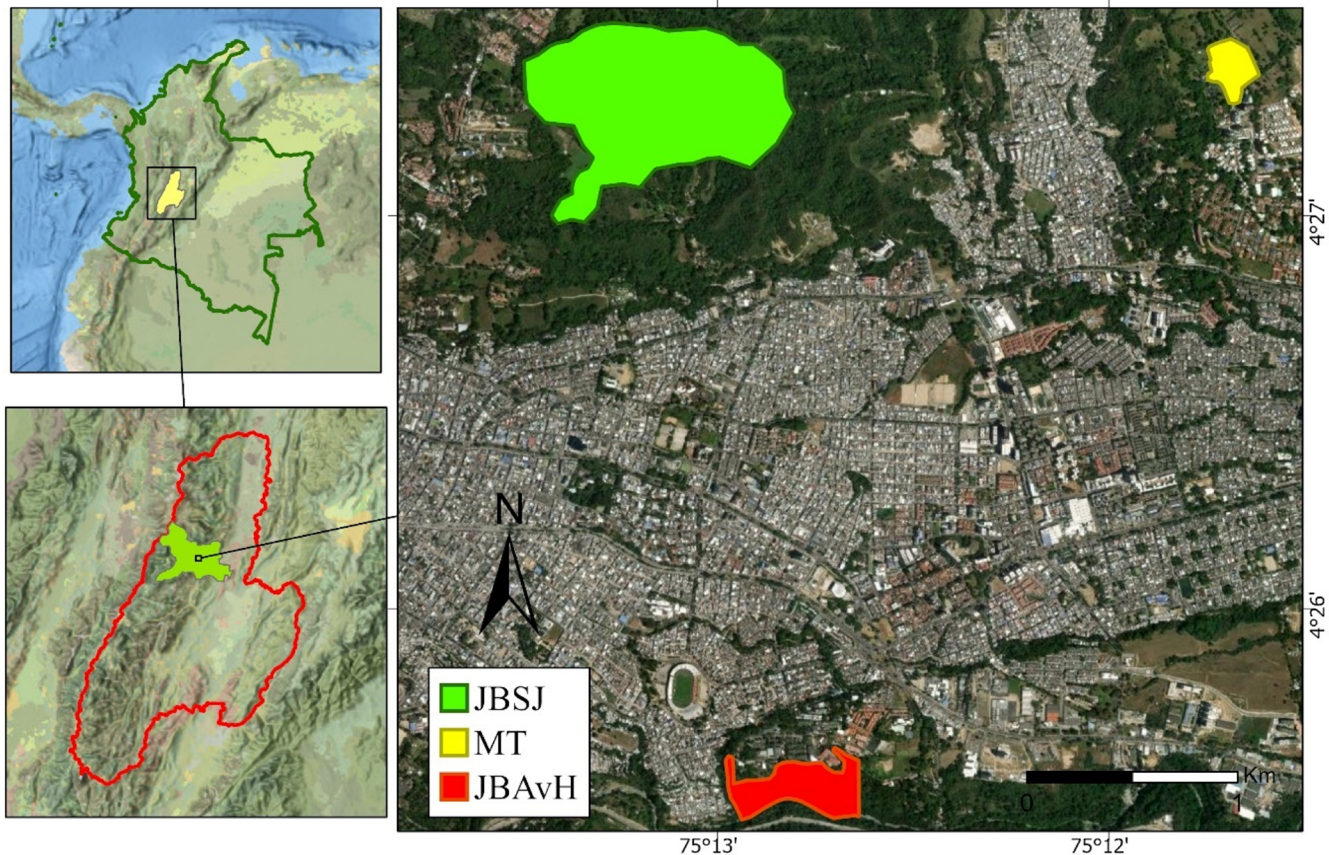


Figura 1. Ubicación de las áreas estudiadas, Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (JBAvH), Jardín Botánico San Jorge (JBSJ) y Mariposario del Tolima (MT).

y está depositado en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Insectos Terrestres (CZUT-IT).

Medición de variables ambientales y del suelo: La medición de variables se realizó en cada una de las tres áreas de estudio durante cada evento de muestreo. En cada sitio se registraron temperatura del suelo y temperatura ambiental, humedad relativa y humedad del suelo por medio de un Termohigrómetro HTC-1 y un Datalogger con lector ProCheck y sonda Teros 12, también se midió la compactación del suelo por medio de un penetrómetro (Henríquez *et al.* 2011).

Análisis de datos: La riqueza se determinó como el número de especies y la abundancia como el número de organismos recolectados por área muestreada. Se estimó la riqueza esperada mediante curvas de acumulación con los estimadores no paramétricos Chao 1, Jackknife 1 y Bootstrap con ayuda del paquete estadístico EstimateS® versión 8.2 (Colwell, 2009). Para el análisis estadístico se realizó una prueba de normalidad de Shapiro Wilks (Mishra *et al.*

2019). Los valores de diversidad alfa fueron analizados por medio de los números de Hill, la diversidad beta, se estimó mediante el índice de similitud de Jaccard (Jost 2006). Adicionalmente, la estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos se analizó mediante el uso de curvas de abundancia relativa (Cultid-Medina *et al.* 2012).

Finalmente, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) por medio del programa CANOCO versión 4.5® (Oksanen *et al.* 2013), para determinar la relación entre las variables penetrabilidad del suelo, humedad del suelo, humedad relativa, temperatura ambiental y temperatura del suelo, sobre el ensamblaje de escarabajos coprófagos en las tres áreas.

RESULTADOS

En las tres áreas de muestreo se recolectaron 2201 individuos, distribuidos en siete géneros, ocho especies y cinco morfoespecies (Tabla 1). El área que presentó la mayor

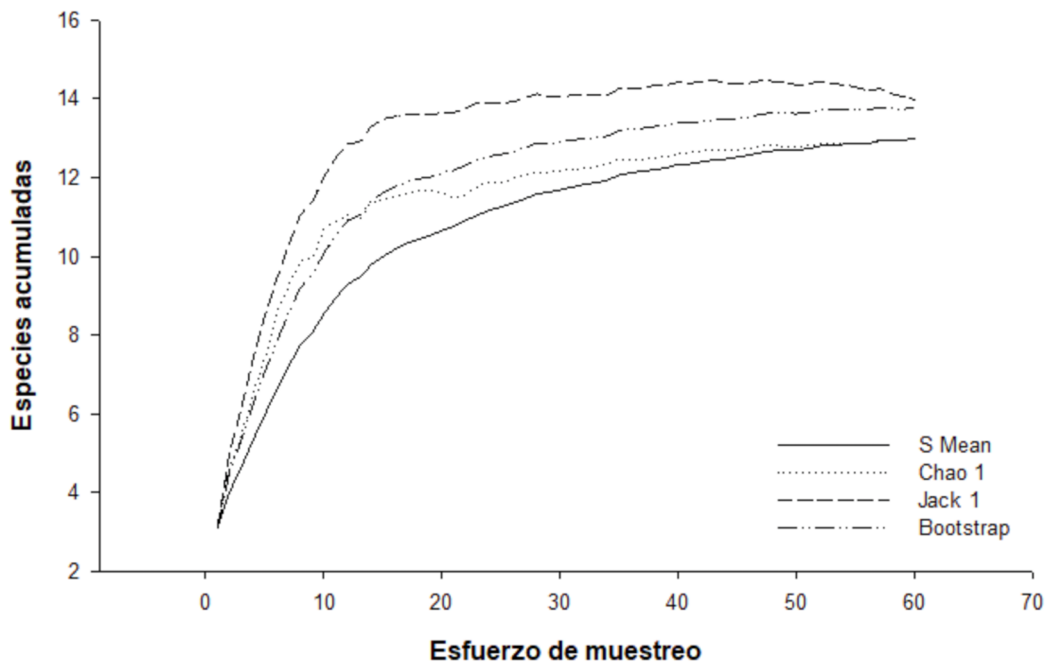


Figura 2. Curva de acumulación de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de tres áreas urbanas en el departamento del Tolima-Colombia.

riqueza fue el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (diez especies), seguido del Jardín Botánico San Jorge y el Mariposario del Tolima con nueve especies cada uno. La curva de acumulación mostró una alta representatividad en las áreas estudiadas (Fig. 2). Por otra parte, se encontraron especies exclusivas por área así: *Dichotomius belus* (Harold, 1880) y *Eurysternus marmoreus* Castelnau, 1840 para el Jardín Botánico San Jorge, *Canthidium* sp.2 y *Canthidium* sp.3 para el Mariposario del Tolima y *Onthophagus* sp.1 en el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (Tabla 1).

El género *Canthidium* Erichson, 1847 fue el más abundante, representando por el 60,4 % de los individuos. Por el contrario, el género *Onthophagus* Latreille, 1802, mostró una de las abundancias relativas más bajas (0,77 %). Los géneros *Eurysternus* Dalman, 1824 y *Dichotomius* Hope, 1838 presentaron dos especies cada uno. *Coprophanaeus* Olsoufieff, 1924, *Copris* Geoffroy, 1762, *Ateuchus* Weber, 1801 y *Canthon* Hoffmannsegg, 1817 fueron los géneros menos diversos representados con una sola especie. Con base en los estimadores Jackknife 1, Chao 1 y Bootstrap, las tres áreas estudiadas muestran una alta representatividad con valores entre el 93 % y 100 % (Jackknife 1= 93 %, Chao 1= 100 % y Bootstrap= 94.4 %).

La transición a lluvias fue la temporada con el mayor número de individuos ($n=718$) y el menor número de registros se presentó durante la temporada de sequía ($n=445$) (Fig. 3).

A pesar de que el Jardín Botánico San Jorge y el Mariposario del Tolima presentaron la misma riqueza (nueve especies), el Jardín Botánico San Jorge es más diverso ($q_1=2,51$), seguido por el Mariposario del Tolima ($q_1=2,47$) y por último el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt ($q_1=2,18$). Para la medida de diversidad de orden q_2 , el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt fue el área más diversa con mayor número de especies dominantes ($q_2=2,72$), seguido por el Jardín Botánico San Jorge y el Mariposario del Tolima con valores de dominancia similares ($q_2=1,83$ y $q_2=1,87$ respectivamente) (Fig. 4). El índice de Jaccard mostró la mayor similitud entre el Mariposario del Tolima y el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (72 %), contrario al Jardín Botánico San Jorge, con la menor similitud con las demás áreas estudiadas (58,3 % con el JBAvH y 50 % con el Mariposario del Tolima).

Las curvas de abundancia relativa mostraron que las tres áreas compartieron las dos especies más abundantes, *Canthidium* sp.1 y *Dichotomius satanas*, por otra parte, el Jardín Botánico San Jorge y el Mariposario del Tolima mostraron una distribución de las jerarquías similar, a ex-

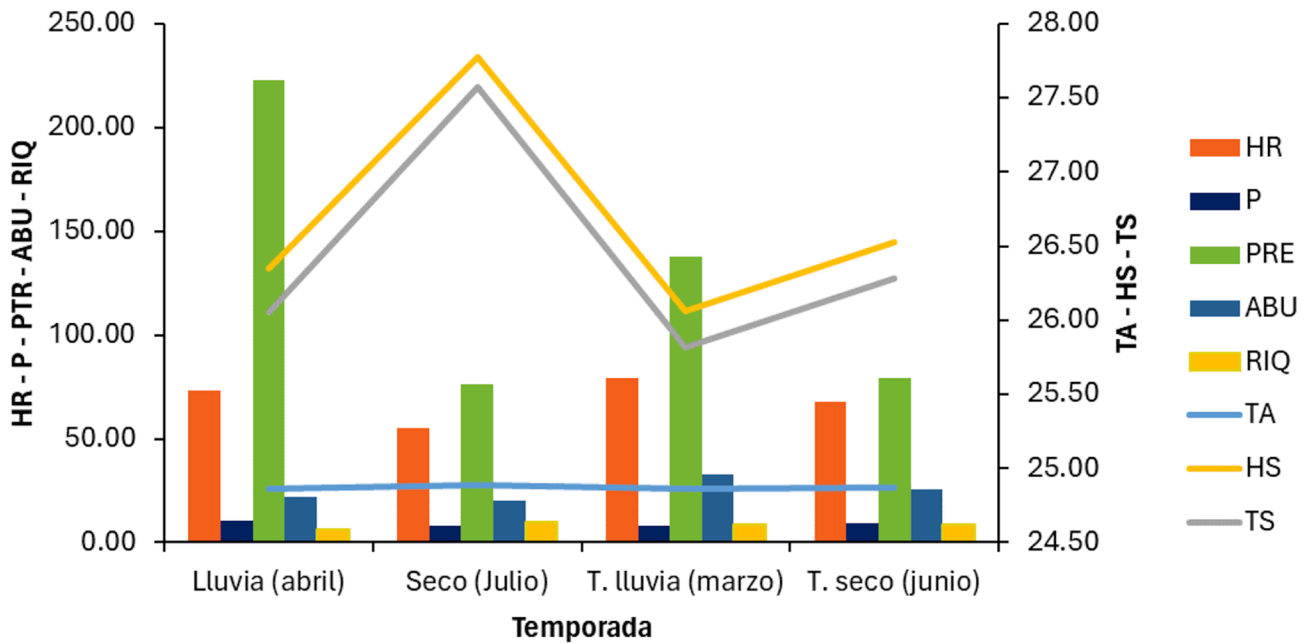


Figura 3. Distribución temporal de las variables ambientales, y abundancia y riqueza de escarabajos en cada temporada de muestreo. ABU= Abundancia relativa; PRE= Precipitación (mm); HR= Humedad Relativa (%); HS= Humedad del suelo (m^3/m^3); TA= Temperatura Ambiental ($^{\circ}C$); P= Penetrabilidad del suelo (cm); TS= Temperatura del suelo ($^{\circ}C$) y RIQ= Riqueza (Número de especies).

cepción de algunas especies únicas y otras no compartidas entre estas áreas, mientras que el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt presentó una distribución de abundancias diferente, además de una especie no compartida con las demás áreas (*Onthophagus* sp.1) (Fig. 5).

Las variables ambientales precipitación y humedad relativa (HR) obtuvieron los valores más altos durante las temporadas de lluvias y su transición, las temperaturas tanto ambiental como del suelo no mostraron grandes cambios, sin embargo, los valores más altos ocurrieron durante la temporada de sequía. Adicionalmente, la penetrabilidad del suelo fue mayor durante la temporada de lluvias (Fig. 3).

Finalmente, la prueba de Monte Carlo realizada para el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) indicó que ninguna de las variables presenta efectos condicionantes sobre la distribución de los datos ($P < 0,05$), sin embargo, la humedad del suelo y la temperatura ambiental se asociaron con la distribución de los organismos. Las especies *D. belus* y *E. marmoratus* mostraron asociación con la alta humedad relativa y las bajas temperaturas ambientales en el Jardín Botánico San Jorge de donde fueron exclusivas. Mientras que *D. satanas* y *O. acuminatus* establecieron asociación con la temperatura del suelo y la penetrabilidad del suelo (Fig. 6).

DISCUSIÓN

Las especies recolectadas corresponden al 20 % de los géneros y 4,2 % de las especies reportadas por Medina *et al.* (2001) y el 17,5 % de los géneros y 3,9 % de las especies proyectadas por Cultid-Medina *et al.* (2012) para Colombia y el 60 % de los géneros y 25 % de las especies reportadas para el departamento del Tolima (Escobar 1997, Bustos-Gómez y Lopera-Toro 2003, Fuentes y Camero 2006). En comparación con otros trabajos realizados en el departamento del Tolima el número de especies fue menor, sin embargo, y teniendo en cuenta la curva de acumulación en donde se observa una alta representatividad de escarabajos coprófagos en las áreas estudiadas, se podría afirmar que las tres áreas urbanas mantienen una diversidad importante de escarabajos coprófagos para el departamento del Tolima (25 %).

El Jardín Botánico Alejandro von Humboldt se encuentra en un área con mayor intervención antrópica dada la ubicación dentro del campus de la Universidad del Tolima y sus alrededores en donde se concentran asentamientos urbanos (Fig. 1), sin embargo, esta área obtuvo los valores de riqueza más altos. Halfter y Matthews (1966) y Arango *et al.* (2007) asocian la cercanía de las áreas de estudio a la

población urbana con una mayor oferta de alimento representado en excremento humano, especialmente en la parte baja del Jardín dada la cercanía con un área de invasión, de animales domésticos y desechos (fruta o comida en descomposición) en general, lo que podría explicar estos resultados ya que en general las especies encontradas fueron especies generalistas, teniendo la capacidad de hacer uso de diferentes recursos procedentes de las áreas urbanas.

El Jardín Botánico San Jorge obtuvo el valor más bajo de abundancia y el Mariposario del Tolima, a pesar de tener la menor extensión fue el que presentó el valor más alto, sin embargo, Estrada y Coates-Estrada (1991) y Chapman *et al.* (2003) afirman que las áreas de menor extensión no ofertan la misma cantidad de recursos en comparación con áreas de mayor extensión, por lo que factores como la presencia de ganadería en matrices adyacentes del Mariposario del Tolima podrían estar aportando un recurso adicional, contrario al Jardín Botánico San Jorge, el cual está rodeado principalmente de plantaciones.

El género *Canthidium* fue el más abundante en las tres áreas. Este género se considera euritópico, poco exigen-

te en calidad del hábitat además posee hábitos alimentarios generalistas (Halffter y Matthews 1966, Barraza *et al.* 2010, Giraldo *et al.* 2018), los cuales les permiten adaptarse dentro de las áreas urbanas, dadas las diferentes fuentes de alimentación que incluyen excremento de mamíferos como *Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766), *Leopardus pardalis* (Linnaeus, 1758), *Cuniculus paca* (Linnaeus, 1766) y *Dasyprocta punctata* Gray, 1842 (Losada-Prado *et al.* 2021) hasta carroña y fruta en descomposición.

El Mariposario del Tolima presentó dos especies exclusivas pertenecientes al género *Canthidium*, y el Jardín Botánico Alejandro von Humboldt, una especie del género *Onthophagus*. La taxonomía y sistemática de estos géneros aún es incipiente en Colombia (Cultid-Medina *et al.* 2012), lo que imposibilita el conocimiento de la ecología a nivel específico, por lo que su aparición exclusiva en estas áreas no se puede asociar a una causa específica. La baja abundancia de las especies *Onthophagus acuminatus* (Harold, 1880) y *Coprophanaeus corythus* (Harold, 1863) se asocia a que se consideran especies exigentes en cuanto a la calidad del hábitat, lo que podría explicar la baja abun-

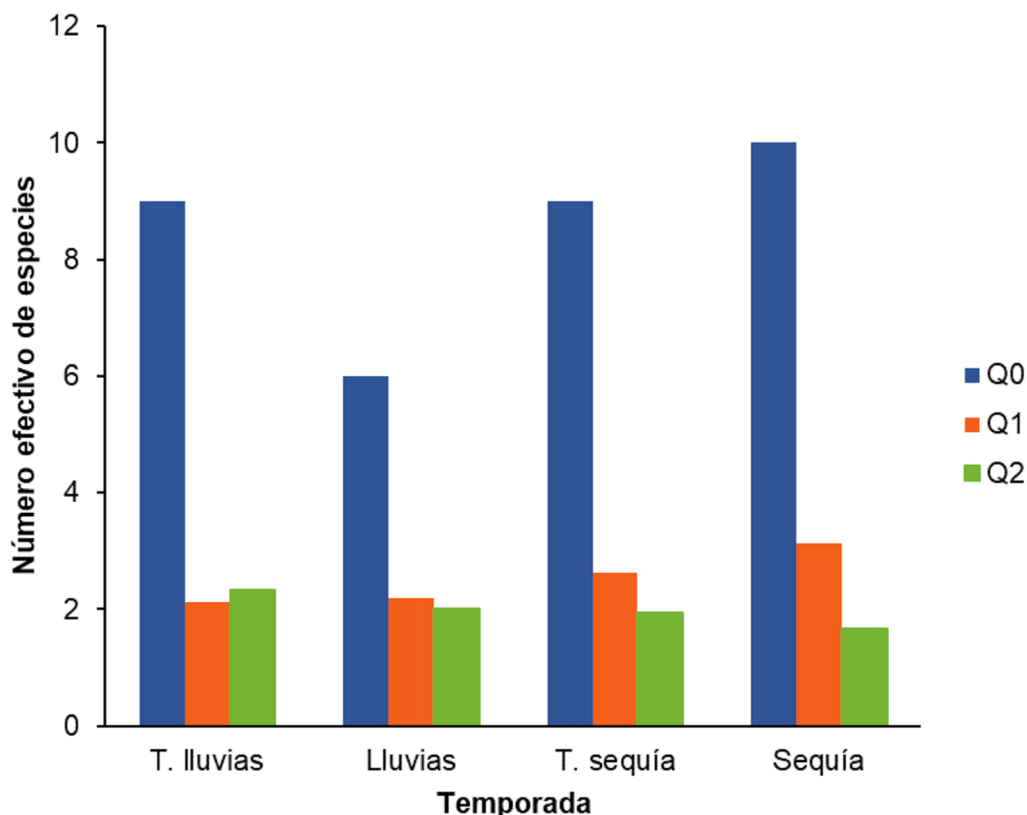


Figura 4. Diversidad verdadera en términos de número efectivo de especies de los escarabajos coprófagos en tres áreas urbanas en el departamento del Tolima, Colombia, entre marzo y julio de 2018. Q_0 = Riqueza, Q_1 = índice exponencial de Shannon y Q_2 = índice inverso de Simpson.

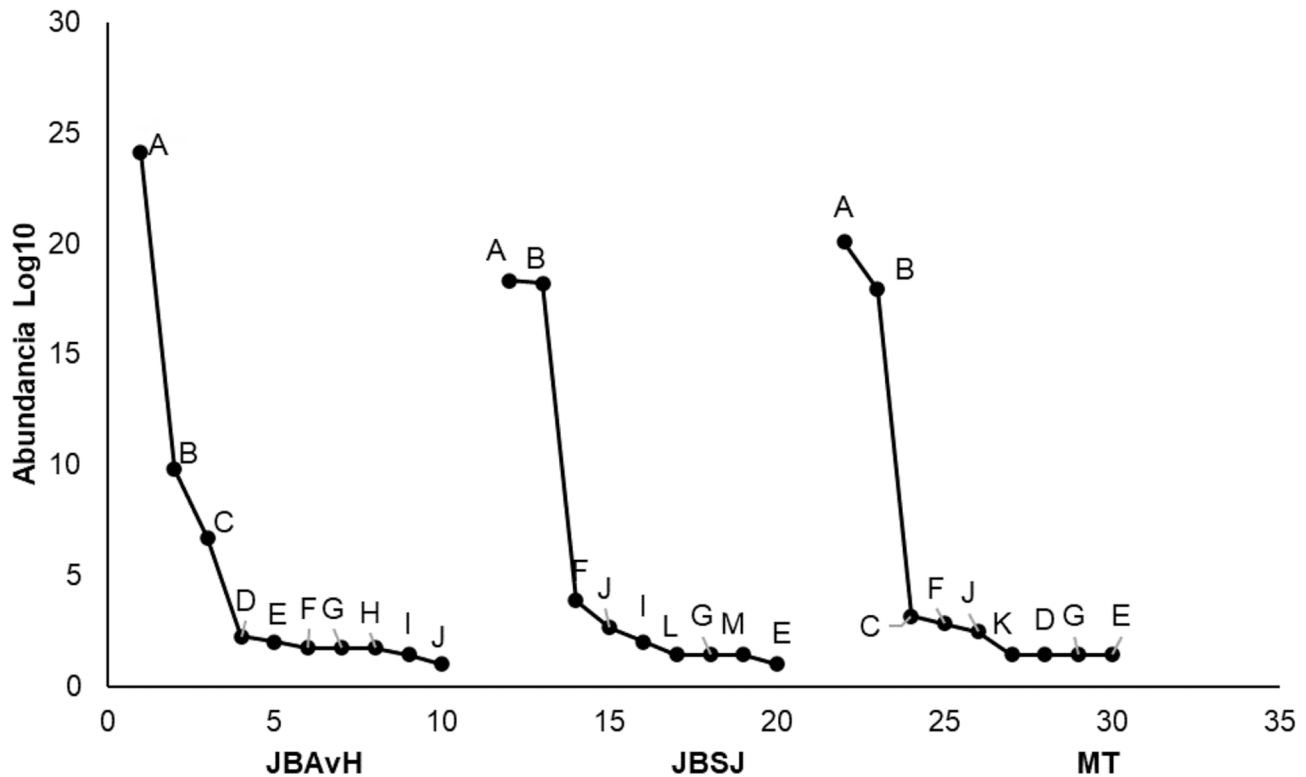


Figura 5. Curvas de abundancia relativa para el ensamblaje de escarabajos coprófagos en tres áreas urbanas de la ciudad de Ibagué-Tolima. JBAvH= Jardín Botánico Alejandro von Humboldt, JBSJ= Jardín Botánico San Jorge y MT= Mariposario del Tolima. **A** *Canthidium* sp.1, **B** *D. satanas*, **C** *C. subhyalinus*, **D** *Canthidium* sp.3, **E** *Ateuchus* sp.1, **F** *C. corythus* **G** *E. foedus*, **H** *Onthophagus* sp.1, **I** *C. susanae*, **J** *O. acuminatus*, **K** *Canthidium* sp.2, **L** *Dichotomius belus* y **M** *E. marmoreus*.

dancia dentro del presente estudio, teniendo en cuenta de que las áreas estudiadas presentan intervención antrópica (Cultid-Medina et al. 2012).

La temporada de lluvias presentó la menor riqueza de especies, esto podría asociarse a que durante esta época se estaría generando la pérdida de la calidad, propiedades y cantidad del recurso alimenticio (Rangel et al. 2016).

Coprophanaeus corythus (Harold, 1863) mostró la mayor abundancia durante la temporada de lluvias y transición a lluvias, contrario a lo encontrado por Edmonds y Zidek (2010) y Noriega et al. (2016), quienes reportaron poca abundancia de esta especie durante la temporada de lluvias. *Dichotomius satanas* (Harold, 1869) también se presentó durante todas las temporadas, mostrando un comportamiento similar al registrado por Escobar y Chacón (2000) y Villegas (2015) para la misma especie. Por otra parte, la aparición de *Dichotomius belus* (Harold, 1880) exclusivamente durante la temporada de lluvias se relaciona posiblemente con la menor compactación del suelo

que le facilita construir túneles durante su reproducción (Halffter y Favila 1993). Por el contrario, especies como *Eurysternus marmoreus* (Castelnau, 1840), se presentaron únicamente durante la temporada seca, por lo que es probable que estén aprovechando recursos poco hidratados (Noriega et al. 2016).

El Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) muestra una asociación de algunas especies con la precipitación, humedad y temperatura del suelo. Janzen (1983) y Escobar y Chacón (2000) encontraron una relación entre el aumento de la precipitación con la riqueza y abundancia de organismos dado el aumento de recurso alimenticio para vertebrados y por ende para los escarabajos coprófagos. Por otra parte, Martínez y Oca (1994) y Bustos-Gómez y Lopera-Toro (2003) afirman que estas variables regulan la actividad y ciclos de vida de los Scarabaeinae, ya que en ocasiones la emergencia del adulto solo se da cuando la bola y cámara de pupación han sido ablandadas por el aumento de la humedad del suelo durante la estación lluviosa.

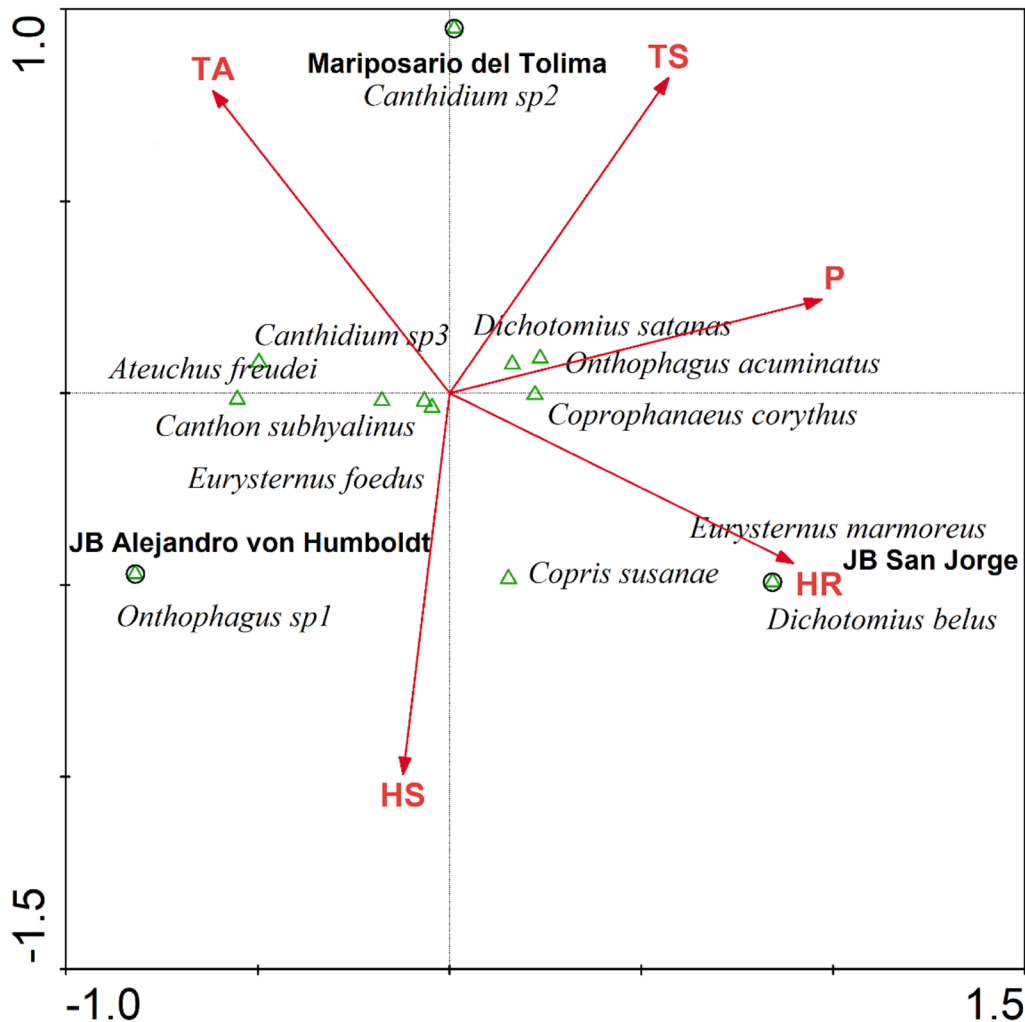


Figura 6. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) entre las variables ambientales, la abundancia de especies y las tres áreas evaluadas. HR: Humedad Relativa; HS: Humedad del Suelo; P: Penetrabilidad del suelo; TA: Temperatura Ambiental.

Teniendo en cuenta lo anterior, se concluye que a pesar de que las áreas estudiadas presentan una alta intervención antrópica, albergan un alto porcentaje de las especies de escarabajos coprófagos reportadas para el departamento del Tolima (25 %). Es importante seguir realizando estudios dentro de este tipo de matrices urbanas que permitan monitorear los cambios y en general el comportamiento de esta biota dentro áreas con diferentes tipos de intervención antrópica. Adicionalmente, es importante proponer estrategias de conservación para los pequeños fragmentos de bosques que hacen parte de las áreas urbanas, ya que por medio esto, se mantendría la biodiversidad dentro de las ciudades no solo de escarabajos coprófagos, sino de diferentes grupos, los cuales prestan múltiples servicios dentro de estos ecosistemas altamente intervenidos.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

GRF, ITCE y EJQR concibieron y diseñaron el estudio, ITCE y EJQR realizaron la toma de datos, ITCE, EJQR y JLLB analizaron los datos, todos los autores estructuraron el manuscrito y escribieron el texto. Por último, todos los autores revisaron y aprobaron la última versión del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

A María Victoria Vila (Mariposario del Tolima), Héctor Esquivel (Jardín Botánico Alejandro von Humboldt) y Germán Oyuela (Jardín Botánico San Jorge) por conceder el

permiso de muestreo. Al Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ) por el apoyo para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Alberti M. 2005. The effects of urban patterns on ecosystem function. *Int. Regional Sci. Rev.* 28(2):168-192. doi: <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>
- Arango L, Montes JM, López DA, López JO. 2007. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares–Arenillo (Manizales, Caldas - Colombia). *Bol. Cient. Mus. His. Nat.* 11:390-409.
- Barraza J, Montes J, Martínez N, Deloya C. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Rev. Col. Entomol.* 36(2):285-291. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v36i2.9160>
- Bourg A, Escobar F, MacGregor-Fors I, Moreno CE. 2016. Got Dung? Resource Selection by Dung Beetles in Neotropical Forest Fragments and Cattle Pastures. *Neotrop. Entomol.* 45:490-498. doi: <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0397-7>
- Bustamante R, Grez AA. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambient. Desarro.* 11(2):58-63.
- Bustos-Gómez LF, Lopera-Toro A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Mongr. Terc. Milenio.* 3(30):59-65.
- Chapman CA, Chapman LJ, Vulinec K, Zanne A, Lawes MJ. 2003. Fragmentation and alteration of seed dispersal processes: An initial evaluation of dung beetles, seed fate, and seedling diversity. *Biotropica* 35(3):82-393. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00592.x>
- Chen M, Lu D, Zha L. 2010. The comprehensive evaluation of China's urbanization and effects on resources and environment. *J. Geog. Sci.* 20:17-30. doi: <https://doi.org/10.1007/s11442-010-0017-0>
- Colwell RK. 2009. EstimateS 8.2. o.--Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's Guide and Application. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs.
- Cultid-Medina C, Medina C, Martínez B, Escobar A, Constantino L, Betancur N. 2012. *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico.* Villamaría, Colombia: Editorial Espacio Grafico.
- Darling JDG, Génier F. 2018. Revision of the taxonomy and distribution of the Neotropical *Copris incertus* species complex (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Can. Entomol.* 150(5):539-577. doi: <https://doi.org/10.4039/tce.2018.32>
- Delgado L, Curoe DJ. 2014. Panamanian *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae): Description of a New Species, and a Revised Key to the Species. *Fla. Entomol.* 97(1):61-67. doi: <https://doi.org/10.1653/024.097.0107>
- Edmonds WD, Zidek J. 2010. A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanaeus* Olsouffieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Insecta Mundi.* 129(1):1-111.
- Escobar F, Chacón P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño–Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48(4):961-975.
- Escobar F. 1997. Estudio de la comunidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque sequía al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia.* 19(3):419-443.
- Estrada A, Coates-Estrada R. 1991. Howler monkey (*Alouatta palliata*) dung beetle (Scarabaeidae) and seed dispersal: Ecological interactions in the tropical rain forest of the Tuxtla, Mexico. *J. Trop. Ecol.* 7(4):459-474. doi: <https://doi.org/10.1017/S026646740000585X>
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 34(1):487-515. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fuentes PV, Camero E. 2006. Estudio de la fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque Húmedo Tropical de Colombia. *Entomotropica* 21(3):133-143.
- Génier F. 1998. A revision of the Neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae), Supplement 1. *Coleopt. Bull.* 52(3):270-274.
- Génier F. 2009. *Le Genre Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini), Révision Taxonomique et Clés de Détermination Illustrées. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers.
- Gill BD. 1991. Dung beetles in tropical American forests. In: Hanski I, Cambefort Y, editores. *Dung beetle ecology.* Princeton: Princeton University Press. doi: <https://doi.org/10.1515/9781400862092.211>
- Giraldo E, Montoya S, Escobar, F. 2018. *Escarabajos del estiércol en paisajes ganaderos de Colombia.* Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- Gregg JW, Jones CG, Dawson TE. 2003. Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature* 424:183-187. doi: <https://doi.org/10.1038/nature01728>
- Halffter G, Favila ME. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biol. Int.* 27:15-21.
- Halffter G, Matthews EG. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Fol. Entomol. Mex.* 12-14:1-312.
- Henríquez C, Ortiz O, Largaespada K, Portugués P, Vargas M, Villalobos P, Gómez D. 2011. Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agrono-*

- mía Costarricense 35(1):175-184. doi: <https://doi.org/10.15517/rac.v35i1.6693>
- Janzen DH. 1983. Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pastures. *Oikos* 41(2):274-283. doi: <https://doi.org/10.2307/3544274>
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2):363-375. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Losada-Prado S, Reinoso-Flórez G, Villa-Navarro FA, Guevara G, Montoya-Ospina D. 2021. Caracterización de la biodiversidad de la microcuena de la quebrada la aurora para el diseño de un corredor urbano y periurbano que facilite la conectividad ecológica en el municipio de Ibagué, Tolima: CORTOLIMA.
- Martínez IM, Oca EM. 1994. Observaciones sobre algunos factores microambientales y el ciclo biológico de dos especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Canthon). *Fol. Entomol. Mex.* 91:47-59.
- McKinney ML. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosyst.* 11:161-176. doi: <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>
- Medina C, Lopera-Toro A. 2000. Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia* 22(2):299-315.
- Medina CA, Lopera-Toro A, Vitolo A, Gill B. 2001. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colomb.* 2(2):131-144.
- Mishra P, Pandey CM, Singh U, Gupta A, Sahu C, Keshri A. 2019. Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Ann. Card Anaesth.* 22(1):67-72. doi: https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- Nichols E, Spector S, Louzada J, Larsen T, Amezcua S, Favila ME. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biol. Conserv.* 141(6):1461-1474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Noriega JA, Barranco W, Hernández J, Hernández E, Castillo S, Monroy D, García H. 2016. Estructura estacional del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en una parcela permanente de bosque seco tropical. *Rev. Acad. Colom. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 40(154):75-83. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.255>
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Simpson G, Solymos P, Stevens H, Wagner H. 2013. *Vegan: Community Ecology Package*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Ospina LA, Reinoso-Flórez G. 2009. Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Jardín Botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué - Colombia). *Rev. Tumbaga* 4:135-148.
- Oyuela GO, Gómez RD, Duarte LK, Uruña LE, Arias HD. 2016. Aves del Jardín Botánico San Jorge: Paraíso de las aves en el corazón de Ibagué. Ibagué: Corporación San Jorge - CORTOLIMA.
- Pabón M. 2004. Jardines botánicos universitarios en la universidad estatal del Centro-Occidente. *Rev. Cienc. Hum.* 33:99-118.
- Pfrommer A, Krell FT. 2004. Who steals the eggs? *Coprophanaeus telamon* (Erichson) buries decomposing eggs in western Amazonian rain forest (Coleoptera: Scarabaeidae). *Coleopt. Bull.* 58(1):21-27. doi: <https://doi.org/10.1649/585>
- Rangel JL, Blanco OR, Martínez NJ. 2016. Escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes usos del suelo en la Reserva Campesina la Montaña (RCM) en el departamento del Atlántico, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 20(1):78-97. doi: <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.7>
- Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-S E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Wall DH. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459):1770-1774. doi: <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Salomão RP, Alvarado F, Baena-Díaz F, Favila ME, Iannuzzi L, Liberal CN, Santos BA, Vaz-de-Mello FZ, González-Tokman D. 2019. Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. *Ecol. Indic.* 103:665-675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.045>
- Salomão RP, Alvarado F, Baena-Díaz F, Favila ME, Iannuzzi L, Liberal CN, Santos BA, Villegas-Guzmán GA, González-Tokman D. 2020. Negative effects of urbanization on the physical condition of an endemic dung beetle from a neotropical hotspot. *Ecol. Entomol.* 45(4):886-895. doi: <https://doi.org/10.1111/een.12865>
- Vaz-de-Mello FZ, Edmonds WD, Ocampo FC, Schoolmeesters P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa* 2854(1):1-73. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2854.1.1>
- Villarreal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Villegas L. 2015. Distribución temporal de la diversidad de escarabajos coprófagos en un paisaje cafetero, Risaralda. [Tesis]. [Cali]: Universidad del Valle.