

**Escarabajos Edafícolas (Coleoptera: Melolonthidae) en Robledales
y plataformas mineras de California, Santander¹**
**SOIL BEETLES (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) IN OAK FORESTS AND
MINING PLATFORMS IN CALIFORNIA, SANTANDER**

Alfonso Villalobos Moreno²

Resumen

Con el propósito de establecer los atributos ecológicos de los escarabajos de la familia Melolonthidae en un robledal aledaño al Parque Natural Regional Páramo de Santurbán, intervenido con plataformas de exploración aurífera, se recolectaron durante un año, 1.152 escarabajos adultos de 26 especies (incluida una nueva especie), utilizando trampas de luz negra y colecta manual, y 970 larvas de 12 especies, usando 24 cuadrantes mensuales de 1m² x 30cm de profundidad, 12 en plataformas y 12 en los robledales. Para ambos casos, la calidad del inventario se consideró apropiada, con 85,60% del esfuerzo de muestreo para adultos y 93,94% para larvas. Los análisis ecológicos sobre estacionalidad y factores biofísicos con los adultos, permitieron determinar la influencia de la temperatura mínima, la precipitación total y la precipitación media, sobre la abundancia (86,96%), mientras que la riqueza se correlacionó con el seno de la fecha (52,97%) y temperatura mínima (43,84%). Con respecto a las larvas, solo se hallaron correlaciones entre riqueza con temperatura mínima ($F=4,269$) y precipitación máxima ($F=3,515$). La comparación entre robledales y las plataformas mineras, usando la prueba de Wilcoxon, sólo mostró diferencias significativas para biomasa ($Z=2,9025$, $p<0,001$), los otros valores de diversidad se mantuvieron sin diferencias significativas, lo que indica que la recuperación de las plataformas de exploración se hace de forma adecuada.

Palabras clave: Escarabajos fitófagos, selvas andinas, abundancia y riqueza, larvas y adultos, Santurbán.

Abstract

With the purpose of establishing the ecological attributes of beetles of the family Melolonthidae in an oak forest adjacent to the Santurban Regional Natural Park, intervened with gold exploration platforms, 1,152 adult beetles of 26 species (including a new specie) were collected for one year, using black light traps and manual collection; and 970 larvae of 12 species, using 24 monthly quadrats of 1m² x 30cm deep, 12 on platforms and 12 in oak forest. For both cases, the quality of the inventory was considered appropriate, with 85.60% of the sampling effort for adults and 93.94% for larvae. The ecological analyzes on seasonality and biophysical factors with adults allowed to determine the influence of minimum temperature, total precipitation and average precipitation on abundance (86.96%), while richness was correlated with the sine of the date (52.97%) and minimum temperature (43.84%). With respect to larvae, correlations were only found between richness with minimum temperature ($F=4.269$) and maximum precipitation ($F=3.515$). The comparison between oak forests and mining platforms, using the Wilcoxon test, only showed significant differences for biomass ($Z=2.9025$, $p<0.001$), the other diversity values remained without significant differences, indicating that the recovery of exploration platforms is done appropriately.

Key words: Phytophagous beetles, Andean jungle, abundance and richness, larvae and adults, Santurban.

¹ El presente artículo resultado de investigación es un resumen de la tesis doctoral llamada "ESCARABAJOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE UN ROBLEDALE ASOCIADO AL PARQUE NATURAL REGIONAL PÁRAMO DE SANTURBÁN, SANTANDER", realizada en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

² Biólogo-Entomólogo, PhD. Director del Grupo de Investigaciones Entomológicas y Ambientales. Estudiante de Derecho, UNICIENCIA, Bucaramanga, Colombia. a.villalobosmoreno@unicienciabga.edu.co

Introducción

Existen órdenes de insectos muy interesantes por su belleza, diversidad y valor biológico como indicadores de la calidad ambiental. (Andrade, 1995; Luna y Llorente, 2004; Rodríguez et al., 2010) El orden Coleoptera, amén del atractivo dado por sus formas, colores y tamaños, tiene gran importancia biológica, ecológica, económica, y presenta una gran diversidad, con cerca del 40% de las especies de insectos conocidas, que corresponde a unas 350 mil especies (Martínez et al., 2011; Triplehorn y Johnson, 2005).

En Colombia, la familia Melolonthidae está conformada por 582 especies, organizadas en las subfamilias Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Trichiinae y Cetoniinae (Cherman y Morón, 2014; Endrödi, 1985; Evans y Smith, 2005; Restrepo et al., 2003). La familia Melolonthidae se distribuye ampliamente en regiones tropicales, y desde el piso térmico cálido hasta el superpáramo, reduciendo su diversidad al aumentar la altitud, pero aumentando los endemismos (Pardo-Locarno y Rubiano, 1994).

Los escarabajos de la familia Melolonthidae (*sensu* Endrödi, 1966) son un grupo que se destaca por su múltiples funciones ambientales, con especies polinizadoras, indicadoras de la calidad ambiental, degradadoras de materia orgánica (que pueden consumir hasta 80 veces su propio peso para completar su desarrollo), y especies de importancia económica por su hábitos fitófagos (Aragón-García et al., 2008; Londoño et al., 2007; Morón, 2001; Smith, 2003; Morón y Vallejo, 2007; Otavo et al., 2013;

Pardo-Locarno, 2002; Reyes-Novelo y Morón, 2005; Vallejo y Wolff, 2013).

La cuenca alta del río Suratá, a pesar de tener importancia estratégica por los bienes y servicios que brinda, es un territorio de alto riesgo de impacto por obras de ingeniería, provocado por el potencial minero de los municipios de Vetás y California, causando alteraciones ambientales directas e indirectas sobre zonas de vida estratégicas como páramos, bosques andinos, bosques alto andinos y robledales; zonas de vida que en Colombia han perdido grandes extensiones de bosque nativo producto de la tala, establecimiento de cultivos, proyectos urbanísticos, etc. (Álvarez y Agredo, 2013; Cuatrecasas, 1989). Esta cuenca forma parte del área de influencia del páramo de Santurbán, ubicado al nororiente de la cordillera oriental colombiana, y tiene importancia por su aporte en la regulación del ciclo hídrico, y es la principal fuente de agua para municipios como Suratá, Matanza, Charta y Bucaramanga en Santander (Avellaneda et al., 1999, 2000; Villalobos-Moreno, 2020).

El robledal de la zona de estudio está conformado por abundantes elementos arbóreos de la familia Fagacea, puntualmente de la especie *Quercus humboldtii* Bonpland; estos árboles son considerados primitivos, de plantas monoicas y polinización aerófila (por el viento), con madera dura y resistente, con numerosas especies en Europa, América Central y del Norte, pero pocas en Sudamérica (Calderón, 2008). A pesar de los procesos de alelopatía, al interior de los robledales puede existir una rica biodiversidad de flora, que llega a superar las 550 especies de las familias

Melastomataceae, Rubiaceae, Clusiaceae, Lauraceae y Orchidaceae, entre otras, lo que hace de estos bosques de roble, una fuente de abundante oferta alimenticia de frutos y semillas para numerosas especies de aves y mamíferos (Pulido et al., 2006). Así mismo, existe una amplia variedad de bienes y servicios ambientales que ofrecen a la sociedad y le dan valor agregado al roble, como: belleza escénica, suministro de madera para diversos fines, recurso hídrico que beneficia al sector doméstico y varios sectores de la economía, regulación de gases de efecto invernadero, conservación de suelos y disponibilidad de material genético para la investigación científica, entre otros (Barrantes, 2001). En Colombia, los robledales sobresalen por la oferta hídrica, protección de suelos, refugio de especies y el suministro de madera (Calderón, 2008; Galindo et al., 2006).

El presente estudio tuvo como propósito establecer la estructura biológica y ecológica de los escarabajos de la familia Melolonthidae, tanto en estado adulto como en estado larval. Los primeros, para tener un listado confirmado y positivo de las especies de la zona, debido a que, en estado larval, la determinación hasta especie puede ser bastante compleja. Además, los estados larvales, que se desarrollan en el suelo, podrían ser utilizados como grupo parámetro al momento de realizar monitoreos agroambientales en zonas impactadas por diversas actividades humanas, debido a que atributos ecológicos como densidad, abundancia, riqueza, distribución, entre otros, pueden ser utilizados como alertas tempranas del deterioro ambiental (Aragón-García et al., 2008; Londoño et al., 2007; Morón, 2001). En términos generales, la macrofauna edáfica puede ser

utilizada para establecer la calidad del estado del suelo, dado que, la riqueza, la densidad, la biomasa y la composición funcional de ciertos grupos, cambian según el uso y manejo de la tierra (Ahrens et al., 2009; Anderson y Ashe, 2000; Cabrera, 2012; Lavelle et al., 2003; Morón, 1997, 2001; Nichols et al., 2007; Ruíz, 2007; Villalobos et al., 2000).

Materiales y Métodos

Localización de la zona de estudio

Los sitios de muestreo se establecieron en bosques secundarios con dominancia de *Quercus humboldtii* Bonpland, 1825 (Gualdrón et al., 2012), ubicados en la vereda La Baja del municipio de California, Santander (Figura 1), dentro de las coordenadas 7°21'26"N. - 7°22'34"N. y 72°53'51"O. - 72°54'52"O., y entre 2.400 y 2.850msnm. Corresponde a una selva andina (Cuatrecasas, 1989) o bosque húmedo montano bajo-bhMB (Holdridge, 1979) que, a pesar de tener cierta intervención por parte de la industria minera, se encuentra relativamente conservado con árboles en diferentes estados del ciclo de vida, y elementos que indican el buen estado de conservación, como especies epifitas, bromeliáceas, aráceas, briofitos, entre otros (Gualdrón et al., 2012, 2013).

Métodos de recolección de adultos

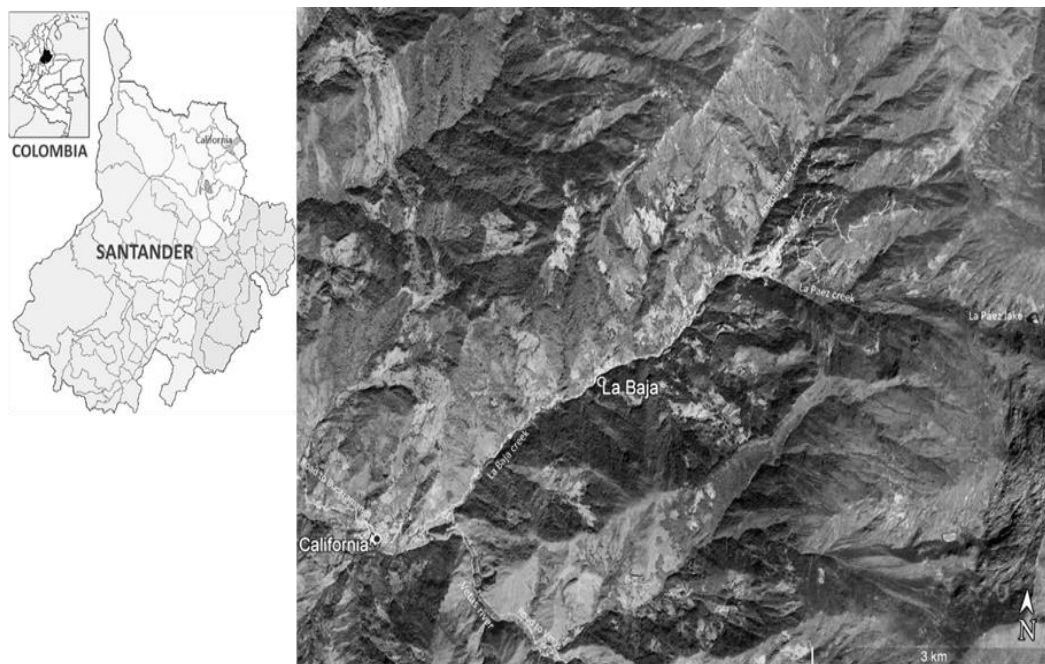
Se realizaron muestreos entre febrero de 2013 y enero de 2014, usando trampas de luz negra como método de colecta pasiva, estandarizado y ampliamente utilizado; como complemento, se hicieron colectas activas sobre la vegetación y los caminos. Se instalaron cuatro trampas de luz negra con

lámparas de 40W (Fig. 2-A), similares a las utilizadas en numerosos estudios (Abarca & Quesada, 1997; Aragón-García et al., 2008; Londoño et al., 2007; Montoya et al., 1994; Pardo-Locarno et al., 2011; Victoria, 2000). Las trampas se instalaron a unos tres metros de altura y se encendieron mensualmente durante 6 días consecutivos, entre las 6:00pm y las 6:00am (Abarca & Quesada, 1997; Alcázar et al., 2003; Aragón-García et al., 2008; García et al., 2003), sumando 288 horas/trampeo/mes y 3.456 horas totales a lo largo del año de estudio. Los días de muestreo se programaron evitando periodos de luna llena, puesto que, bajo esta circunstancia, se reporta que no hay actividad de vuelo de los Melolonthidae (Aragón-García et al., 2008; García et al., 2003). Adicionalmente, se aprovecharon los largos desplazamientos para realizar capturas manuales complementarias sobre el suelo, tallos, ramas y flores.

Métodos de recolección de larvas

Mensualmente, se seleccionaron al azar 12 plataformas de exploración aurífera con mínimo dos años de recuperación ecológica, y otros 12 sitios más en el interior de los robledales, a no menos de 50 metros de distancia entre ellos (Aragón-García et al., 2008). En cada sitio se realizó un cuadrante de 1m² x 30cm (Fig. 2-A) (Pardo-Locarno et al., 2005, 2006; Serna, 2004; Villegas et al., 2008), para un total de 24 cuadrantes al mes y 288 cuadrantes al final del proyecto. Los inmaduros colectados, fueron lavados con agua corriente y pesados con una balanza digital para establecer la biomasa, cuantificada en gramos/m². La densidad se cuantificó en número de individuos/m². El material recolectado se identificó en laboratorio y se almacenó en frascos con una solución de alcohol-formol 10% (Pardo -Locarno et al., 2005).

Figura 1. Localización de la zona de estudio.



Comprobación de la calidad del inventario de adultos

Se realizó un análisis de esfuerzo de muestreo para examinar el grado de conocimiento alcanzado acerca del inventario de especies y predecir la riqueza potencial de la zona de muestreo. Se consideró cada unidad de esfuerzo de muestreo (UEM) como el sumatorio de los datos procedentes de las trampas por cada mes, por lo tanto, al tratarse de un estudio anual, se tuvieron en cuenta 12 UEM. Mediante el programa EstimateS (Colwell, 2000), se aleatorizó la entrada de datos (1.000 iteraciones) para evitar sesgos en el cálculo de la riqueza observada. Para predecir la riqueza potencial, se utilizó el estadístico no paramétrico Chao1 (basado en abundancias), por tratarse de un estimador robusto de la riqueza mínima que suele ofrecer mejores resultados que otros estimadores (Gotelli & Colwell, 2001; Walther & Moore, 2005). Con el programa CurveExpert (Hyams, 2009), se ajustaron las estimaciones a una curva asintótica Clench, para realizar el cálculo de diferentes parámetros de la curva (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

Comprobación de la calidad del inventario de larvas

Se realizó un análisis de esfuerzo de muestreo para examinar el grado de conocimiento alcanzado durante el trabajo de campo, con respecto a la riqueza de especies y poder predecir la riqueza potencial de la zona de muestreo. Se consideró cada unidad de esfuerzo de muestreo (UEM) como la sumatoria de los datos procedentes de los cuadrantes por cada mes, por lo que, al tratarse de un estudio anual, se tuvieron en cuenta 12 UEM. Mediante el programa EstimateS

(Colwell, 2000), se aleatorizó la entrada de datos (1.000 iteraciones) para evitar sesgos en el cálculo de la riqueza observada. Para predecir la riqueza potencial, se utilizó el estadístico no paramétrico Chao1 (basado en abundancias), por tratarse de un estimador robusto de la riqueza mínima que suele ofrecer mejores resultados que otros estimadores (Gotelli & Colwell, 2001; Walther & Moore, 2005). Con el programa CurveExpert (Hyams, 2009), se ajustaron las estimaciones a una curva asintótica Clench, para realizar el cálculo de los parámetros de la curva (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

Diversidad temporal para adultos

Utilizando los valores de abundancias y riquezas observadas, se establecieron, para cada uno de los meses de muestreo, los valores de Riqueza Potencial: q_0 , Diversidad de orden 1: q_1 (exponencial del Índice de Shannon-Wiener: eH') y Diversidad de orden 2: q_2 (inverso del Índice de Simpson: $1/DS_i$). Para obtener la riqueza potencial (q_0) se llevó a cabo un procedimiento similar al del análisis de esfuerzo de muestreo, coincidiendo ésta, con la asíntota de la curva Clench ajustada. El proceso requirió los programas EstimateS (Colwell, 2009) para la aleatorización de la entrada de datos y uso de estimadores no paramétricos, y de CurveExpert (Hyams, 2009) para el ajuste a la curva asintótica Clench. El estimador no paramétrico utilizado en este caso fue Chao2 (basado en incidencias), pues se consideró como unidad de esfuerzo de muestreo para cada mes, la captura de un individuo de una cierta especie. Para el cálculo de q_1 y q_2 se utilizó el programa Spade (Chao y Shen, 2009).

Diversidad temporal para larvas

Utilizando los valores observados para abundancia y riqueza, se establecieron, para cada uno de los meses de muestreo, los valores de Riqueza Potencial: $q0$, Diversidad de orden 1: $q1$ (exponencial del Índice de Shannon-Wiener: eH') y Diversidad de orden 2: $q2$ (inverso del Índice de Simpson: $1/DSi$) (Jost, 2006). Para obtener la riqueza potencial ($q0$) se llevó a cabo un procedimiento similar al del análisis de esfuerzo de muestreo, coincidiendo ésta, con la asíntota de la curva Clench ajustada. El proceso requirió los programas EstimateS (Colwell, 2009) para la aleatorización de la entrada de datos y uso de estimadores no paramétricos, y de CurveExpert (Hyams, 2009) para el ajuste a la curva asíntótica Clench. El estimador no paramétrico utilizado en este caso fue Chao2 (basado en incidencias), pues se consideró como unidad de esfuerzo de muestreo para cada mes, la captura de un individuo de una cierta especie. Para el cálculo de $q1$ y $q2$ se utilizó el programa Spade (Chao y Shen, 2009). Se realizaron también análisis de correlación estadística para comprobar el grado de similitud entre las variables dependientes, mediante el programa Statistica (StatSoft Inc., 2011).

Comparación entre plataformas y el robledal usando larvas

Con el objeto de establecer diferencias entre los parámetros medidos (diversidad, densidad y biomasa), se realizaron análisis estadísticos para establecer posibles diferencias entre las colectas en los dos usos de suelo, para lo cual se utilizaron pruebas no paramétricas pareadas de Wilcoxon (tests de la Z) para comparación entre las variables

dependientes utilizando el programa Statistica (StatSoft Inc., 2011).

Densidad, biomasa y diversidad de las larvas vs. Factores biofísicos

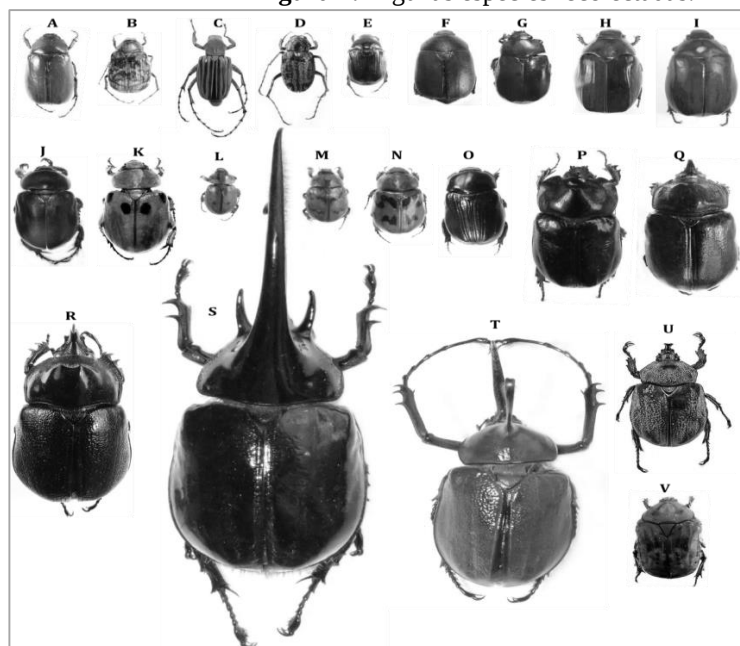
Para explorar las múltiples relaciones entre los parámetros medidos a las larvas de los escarabajos edafícolas de la familia Melolonthidae y las variables estacionales y biofísicas disponibles para la zona de estudio, se realizaron modelos lineales generalizados (GLM). Las variables estacionales ($senm$ y $cosm$) se refieren al seno y al coseno del día del año (comenzando el año el 21 de marzo, con el equinoccio de primavera, y ajustando los 365 días a un año de 360, para poder utilizar las funciones trigonométricas); estas dos variables pueden informar acerca de los cambios de abundancia y riqueza a lo largo del año. Así, cuando $senm$ es positivo está relacionado con el periodo situado entre el equinoccio de primavera y el de otoño, mientras que, cuando es negativo, informa del periodo entre el equinoccio de otoño y el de primavera.

Con respecto a $cosm$, valores positivos están relacionados con el periodo entre el solsticio de invierno y el de verano, mientras que valores negativos se refieren al periodo entre el solsticio de verano y el de invierno. Las variables biofísicas consideradas son las disponibles para la zona de estudio a través de las estaciones meteorológicas, y corresponden a: temperatura (mínima absoluta, máxima absoluta, media, media de las mínimas, media de las máximas), precipitación (mínima, máxima, media, acumulada, días de lluvia), humedad relativa (mínima, máxima y media), radiación solar (máxima y media) y radiación UV (máxima y media).

Se calcularon los valores de F para $p=0,05$, $0,01$ y $0,001$, con el propósito de establecer el nivel de significación de cada uno de los factores relacionados. La bondad de ajuste (*Goodness of fit*) de los modelos obtenidos fue medida mediante la desviación estadística, mientras que el cambio en la desviación se hizo mediante un test de la F y la reducción en la desviación comparada con el modelo

completo. Finalmente, se hizo un análisis de partición de desviación (Legendre & Legendre, 1998) para establecer el porcentaje de variación explicado por cada uno de los efectos, tanto puros como combinados, de las diferentes variables estacionales y biofísicas sobre la correspondiente variable dependiente en cada caso.

Figura 2. Algunas especies recolectadas.



A: *Phyllophaga obsoleta*; B: *Isonychus* sp.; C: *Macroductylus sulphureus*; D: *Manopus biguttatus*; E: *Paranomala* aff. *violacea*; F: *Spodochlamis* aff. *osculatii*; G: *Strigidia* aff. *cupreola*; H: *Platycoelia puncticollis*; I: *Platycoelia marginata*; J: *Ancognatha scarabaeoides*; K: *Ancognatha vulgaris*; L: *Cyclocephala amazona*; M: *Cyclocephala fulgurata*; N: *Cyclocephala sexpunctata*; O: *Stenocrates* sp.; P: *Heterogomphus dilaticollis*; Q: *Heterogomphus rugicollis*; R: *Heterogomphus schoenherri*; S: *Dynastes neptunus*; T: *Golopha porteri*; U: *Lycomedes salazari*; V: *Euphoria hera*.

Resultados y discusión

Adultos de la familia Melolonthidae

Se recolectaron 1.152 individuos pertenecientes a 16 géneros y 26 especies agrupados en las subfamilias Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae y Cetoniinae. Para la zona de estudio, se encontró que Dynastinae fue el grupo con mayor abundancia y mayor riqueza, con

787 individuos agrupados en 14 especies, mientras que Melolonthinae presentó 333 individuos y 4 especies, Rutelinae 31 ejemplares y 6 especies, y Cetoniinae estuvo representado por un solo individuo. Se describió una nueva especie para la ciencia denominada *Lycomedes salazari* Pardo-Stechauner-Villalobos, nombrada así en honor del prolifero naturalista colombiano Julián Adolfo Salazar (Pardo-Locarno et al., 2015).

Larvas de la familia Melolonthidae

Se colectaron 970 individuos en diferentes estadios larvarios, pertenecientes a 12 especies, las cuales estuvieron representados por las subfamilias Melolonthinae (56,1%), Dynastinae (20,3%), Rutelinae (22,4%) y Cetoniinae (1,2%). Las especies con mayor abundancia fueron *Phyllophaga obsoleta* (194), *Isonychus* sp. (188) y *Platycoelia* sp. (183), mientras que la menor abundancia fue de *Macrodactylus* aff. *sulphureus* (16) y *Euphoria hera* (12).

Comprobación de la calidad del inventario para adultos

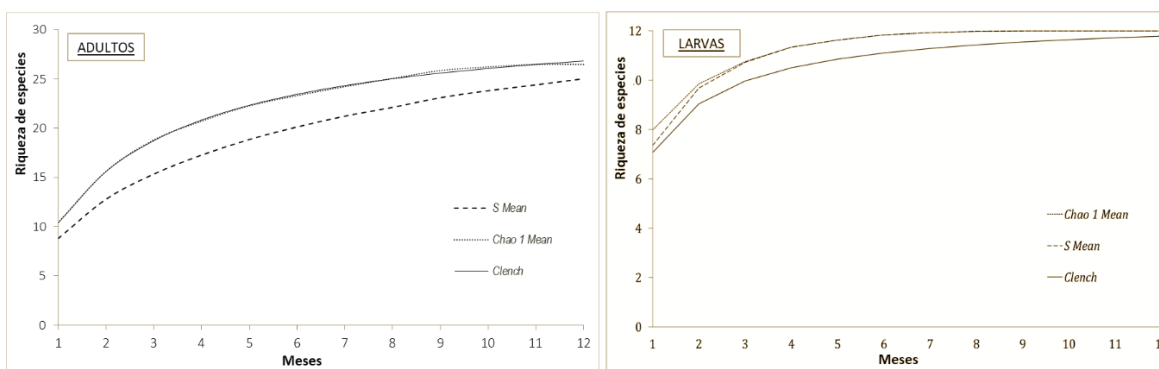
La riqueza potencial estimada según el ajuste a la curva Clench alcanzó un total de 31,33 especies (asíntota de la función; ver Fig. 4). A pesar de que la

pendiente de la curva es aún alta (0,32), lo cual puede ser explicado por el alto número de especies con pocos individuos, la proporción de especies observadas es del 79,80%, que corresponde a un esfuerzo de muestreo estimado del 85,60%, con lo que se podría considerar que éste es apropiado.

Comprobación de la calidad del inventario para larvas

La riqueza potencial estimada según el ajuste a la curva Clench alcanzó un total de 11,78 taxones (asíntota de la función; ver Fig. 4). La pendiente de la curva fue de 0,06 y la proporción de especies observadas del 95,66%, que corresponde a un esfuerzo de muestreo estimado del 93,94%, estas características permitieron considerar la calidad del inventario como apropiado.

Figura 4. Análisis del esfuerzo de muestreo. *S Mean*: curva de riqueza observada aleatorizada; *Chao 1 Mean*: curva de riqueza potencial obtenida mediante el estimador no paramétrico Chao1; *Clench*: curva ajustada a la asíntota Clench.



Diversidad temporal para adultos

La Figura 5 muestra la variación temporal de la abundancia de individuos, riqueza observada de especies, riqueza potencial ($q0$), riqueza efectiva de especies ($q1$) y riqueza de especies dominantes ($q2$). Los máximos valores de abundancia ocurren en el mes de abril, mientras que en el resto de variables de diversidad se sitúan en junio; habría, por tanto, algunas especies que experimentarían una explosión poblacional desde el comienzo de las primeras lluvias, mientras que muchas otras entrarían en actividad de forma progresiva una vez que el medio ambiente hubiese estado sometido durante un mayor tiempo a estas precipitaciones. Los mínimos valores de todas las variables ocurren en enero, período de mayor sequía. En todas las variables consideradas se pueden observar dos picos máximos,

situados en el primer semestre del año (abril-junio) y en el segundo semestre (septiembre-noviembre). Como se puede apreciar, existe una relación muy estrecha entre la abundancia de individuos y la riqueza de especies observada ($R= 0,77$; $p<0,005$), aunque no una relación muy clara entre la abundancia y las otras variables. Por el contrario, sí existe una relación entre la riqueza de especies observada y las demás variables de riqueza: riqueza potencial de especies ($R= 0,85$; $p<0,005$), riqueza efectiva de especies ($R= 0,87$; $p< 0,005$) y riqueza de especies dominantes ($R= 0,69$; $p< 0,05$).

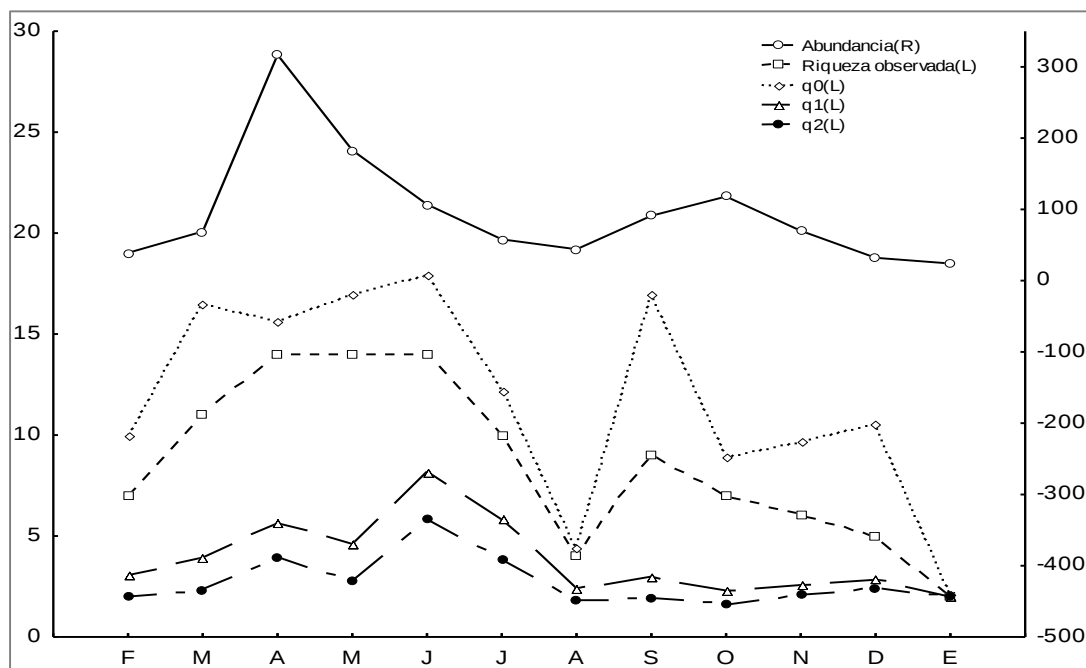


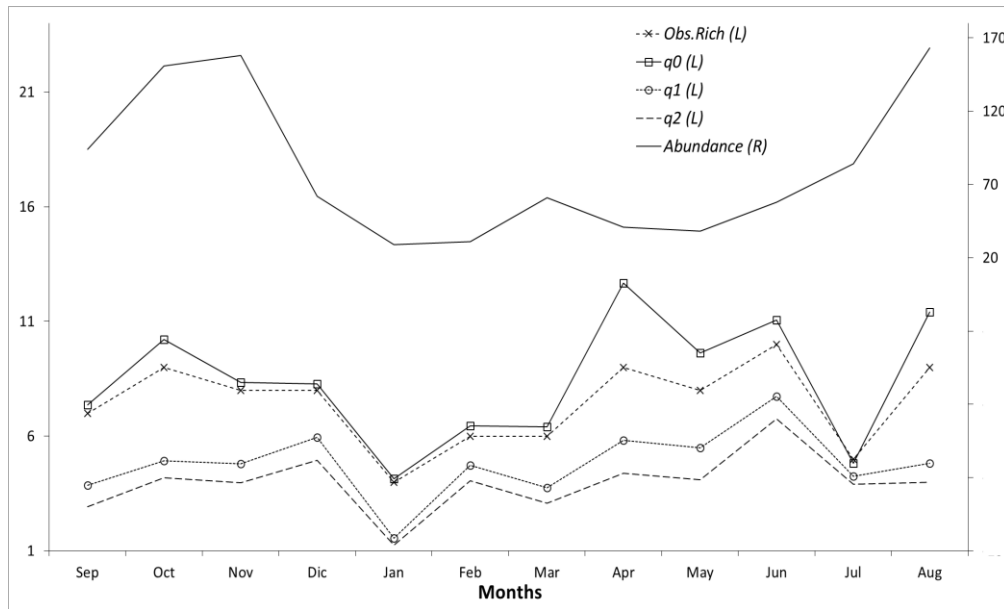
Figura 5. Análisis de la diversidad temporal para adultos. El eje de la izquierda (L) corresponde a los valores de riqueza y el de la derecha (R) a la abundancia.

Entre las diferentes variables de diversidad verdadera, la relación más destacada es la de riqueza de especies efectivas con riqueza de especies dominantes ($R= 0,86$; $p<0,005$), no muy diferente a la relación de la primera con la riqueza potencial de especies ($R= 0,81$; $p<0,005$), de manera que, al aumentar la riqueza potencial de especies, aumentaría la riqueza de especies efectivas y la de especies dominante por igual. Hay también una cierta relación entre la riqueza potencial de especies y la riqueza de especies dominantes ($R= 0,62$; $p< 0,05$). Esta mayor o menor correlación entre las variables está condicionada a diversos desajustes temporales entre las variables a lo largo del año. Por ejemplo, para el segundo semestre del año, la riqueza potencial ($q0$) señala un aumento considerable en el número de especies, que no se refleja en las otras dos variables de diversidad verdadera, posiblemente por la presencia de especies con un número bajo de individuos. Así mismo, es interesante observar que, cuando la abundancia de individuos se encuentra en su punto más alto (mes de abril), los valores de diversidad no alcanzan su máximo (éste es alcanzado en el mes de junio).

Diversidad temporal para larvas

La Figura 6 muestra la variación temporal de la abundancia de individuos, riqueza observada de especies, riqueza potencial ($q0$), riqueza efectiva de especies ($q1$) y riqueza de especies dominantes ($q2$). Los máximos valores de abundancia ocurren en octubre, noviembre y agosto, mientras que para el resto de variables de diversidad se sitúan en abril y junio. Los valores mínimos para todas las variables, ocurren en el mes de enero, coincidiendo con el período de mayor sequía. Se aprecia que no existe una relación muy clara entre la abundancia y las otras variables, sin embargo, si se comprobó una relación estrecha entre la riqueza de especies observada y la riqueza potencial de especies ($R= 0,9557$; $p<0,005$), riqueza efectiva de especies ($R= 0,8349$; $p<0,005$) y riqueza de especies dominantes ($R= 0,7745$; $p< 0,005$). Entre las diferentes variables de diversidad verdadera, se destacan las relaciones entre la riqueza potencial de especies y la riqueza de especies efectivas ($R= 0,7832$; $p<0,005$), así como entre la riqueza de especies efectivas y la de especies dominantes ($R= 0,9650$; $p< 0,005$), mientras que entre riqueza potencia de especies y la de especies dominantes fue ligeramente menor ($R= 0,7063$; $p< 0,05$).

Figura 6. Análisis de la diversidad temporal para larvas. El eje de la izquierda (L) corresponde a valores de riqueza y la derecha (R) a abundancia.



Comparación entre usos de suelos muestreados

La biomasa promedio de escarabajos de la familia Melolonthidae en el suelo del robleal fue de 6,16 gr/m² ($\pm$ 10,852) y 1,38 gr/m² ($\pm$ 2,784) en las plataformas recuperadas, mientras que la densidad promedio en robleal fue de 4,08 ind./m² ($\pm$ 5,698) y en las plataformas de 2,66 ind./m² ($\pm$ 4,765); la riqueza observada para ambos usos de suelo fue similar, 12 especies para el robleal y 11 para las plataformas de exploración recuperadas, compartiendo todas las especies, excepto *Golofa eacus*, cuya larva solo fue recolectada en el suelo de los robleales.

Aunque la importancia ecológica de estos escarabajos edáficos es indiscutible, no es fácil encontrar trabajos

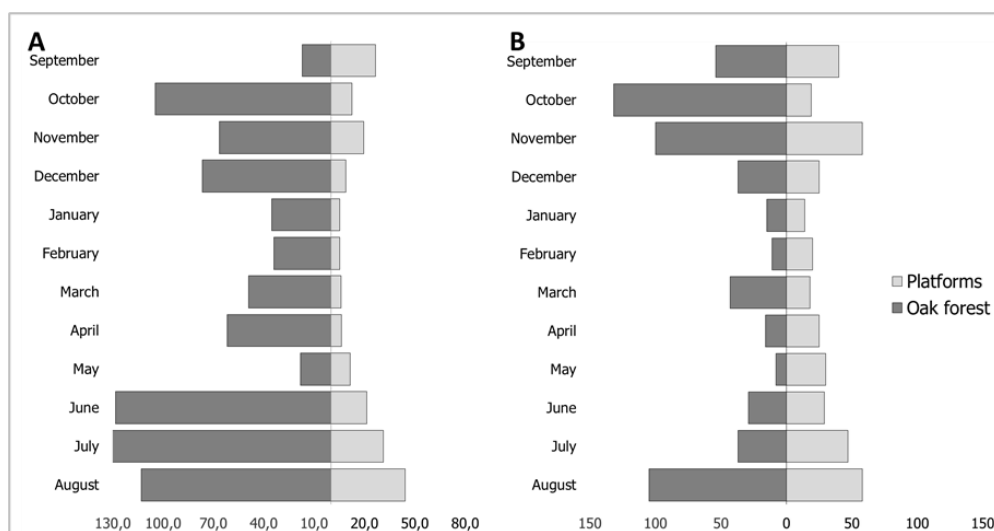
realizados en medios silvestres de las altas montañas colombianas enfocados a sus atributos poblacionales. Investigaciones más globales explican que “durante décadas el cuadro de estudios del complejo chisa de las regiones frías ha permanecido casi invariable, girando en torno a cinco especies de los géneros *Ancognatha*, *Clavipalpus*, *Manopus* y *Heterogomphus* (Apolinar María, 1927; ICA, 1994; Posada, 1989; Ruíz y Pumalpa, 1990; Pardo-Locarno, 1994). Muestreos recientes han expandido el complejo de especies inicial a 26 especies de importancia agrícola o habitantes naturales de los agroecosistemas altoandinos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño, con un registro acumulado que va desde ocho (Sabana de Bogotá), nueve (altiplano nariñense), a poco más de 20 especies (altiplano de Tunja) (Pardo-Locarno et al.,

2007). Investigaciones realizadas en Yacuanquer (Nariño), señalan altas poblaciones que pueden superar las 2.000 larvas/m², y que son señaladas como dañinas en cultivos de papa y trigo (Peña et al., 2003), mientras que otros muestreos en Ospina (Nariño) (2.400-2.500msnm), presentaron abundancias de hasta 180-200 larvas/m² en cultivos de hortalizas y pastizales muy ricos en materia orgánica, siendo *Ancognatha* y *Astaena* los grupos dominantes. Investigaciones realizadas en

las altas montañas mexicanas presentan valores muy inferiores a los encontrados en el robledal objeto del presente estudio, con una densidad promedio de 0,23 ind. /m² y una riqueza de 9 morfoespecies en bosques y encinares en Teziutlán (Puebla), así como una densidad promedio de 1,25 ind. /m² y una riqueza de 3 morfoespecies en bosques de pino en el Parque Nacional Izta-Popo (García et al., 2016).

En la Figura 7 se aprecia la comparación de la densidad y la biomasa en los dos usos de suelo durante los meses de muestreo; en términos generales, se observaron mayores valores para el robledal, siendo más evidente esta diferencia en la biomasa que en la densidad. Los datos obtenidos en ecosistemas altoandinos de Santurbán, evidencian variaciones de riqueza y abundancia muy interesantes, dado que se

trata de zonas intervenidas con una matriz forestal de robledal amplia y bien definida, que ha permitido la permanencia de las especies de Melolonthidae registradas y sus respectivas poblaciones naturales, por lo que la variación aquí registrada, constituye un primer registro para estas condiciones.



En términos generales, se destaca la gran dispersión de los datos tomados en ambos usos del suelo durante cada uno de los meses de muestreo, y para las variables medidas: abundancia, riqueza observada, riqueza potencial (*q0*), riqueza efectiva de especies (*q1*) y riqueza de especies dominantes (*q2*). Los análisis estadísticos

contemplados para la prueba de Wilcoxon (Tabla 1), para comparar las variables medidas en los dos usos de suelo estudiados, dieron como resultado que sólo existen diferencias significativas para biomasa ($Z= 2,90$; $p<0,001$), mientras que no se observaron diferencias significativas para las otras variables.

Tabla 1. Resumen del test de Wilcoxon. **Ab:** abundancia; **Biom:** biomasa; **Den:** densidad; **Rob:** riqueza observada; **P:** plataforma; **R:** robledal; **q0:** riqueza potencial; **q1:** diversidad orden 1; **q2:** diversidad orden 2.

Variables	V álido	T	Z	p
Ab. P & Ab. R	12	27,00000	0,941357	0,346522
Rob.P & Rob.R	12	23,00000	1,255143	0,209428
Biom.P & Biom.R	12	2,00000	2,902519	0,003702
Den.P & Den.R	12	27,00000	0,941357	0,346522
q0P & q0R	12	27,00000	0,941357	0,346522
q1P & q1R	12	24,00000	1,176697	0,239317
q2P & q2R	12	20,00000	1,490483	0,136098

Correlaciones con factores biofísicos

Los modelos lineales generalizados (GLM) utilizados para establecer relaciones entre las variables medidas a la comunidad de escarabajos y los parámetros ambientales de la zona de estudio, permitieron establecer correlaciones significativas entre la abundancia, densidad y biomasa en las plataformas con algunos parámetros biofísicos (humedad mínima, relacionada de forma negativa), pero no así para los robledales (Tabla 2). En este sentido, para las plataformas, al aumentar la humedad

mínima, disminuiría la abundancia, densidad y biomasa de las larvas de escarabajos, algo similar a lo encontrado por otros autores y para varios grupos del suelo (Suárez et al., 2015; Pardo-Locarno, 2013; Pardo-Locarno et al., 2017). Estudios en zonas cafeteras del norte del Cauca mostraron variaciones de la riqueza y abundancia de escarabajos Melolonthidae, explicado en parte por las consecuencias bióticas de la variación de humedad y temperatura, haciendo que las larvas migren a mayor profundidad (Pardo-Locarno, 2002).

Con respecto a la relación con la estacionalidad, también se observa para la abundancia, densidad, biomasa y diversidades de orden 1 y 2 en plataformas, así como en abundancia y densidad en robledales (Tabla 2); de esta manera, habría más abundancia, densidad y biomasa entre el solsticio de verano y el de invierno que en la otra mitad del año, mientras que habría más diversidad de orden 1 y 2 entre el equinoccio de primavera y el de otoño que en el resto del año.

Los máximos de la abundancia, densidad y biomasa coincidirían con la temporada de lluvias, es decir, con la temporada de mayor producción primaria, explicada en términos de crecimiento y etapas reproductivas de las plantas. Los máximos de diversidad se dan a finales de la temporada de seca y comienzos de la temporada de lluvias, probablemente como consecuencia de una mayor estabilidad de las comunidades en estos periodos, ya que, en otros momentos del

año, algunas especies tienen picos poblacionales que hacen aumentar sus frecuencias relativas en la comunidad, disminuyendo así la riqueza efectiva y dominante de especies (q_1 y q_2 , respectivamente).

Salvo para la riqueza observada y potencial, para el resto de variables dependientes los factores estacionales y biofísicos alcanzan a explicar entre alrededor de un 35% y un 55% (Tabla 2), lo que muestran su importancia en la variación de esta biodiversidad. Las variables biofísicas por sí solas (efecto puro) no consiguen explicar la variación de esta biodiversidad, pero sí las variables estacionales (efecto puro) y su efecto combinado con las biofísicas, lo que corrobora la importancia de la fenología de las especies y su relación con factores que varían a lo largo del ciclo anual (fotoperiodo, producción primaria, épocas de lluvia, etc.).

Tabla 2. Resumen de los resultados de los GLM. **Ab**: abundancia; **Robs**: riqueza observada; **q0**: riqueza potencial; **q1**: diversidad de orden 1; **q2**: diversidad de orden 2; **Biom**: biomasa; **D**: densidad; **P**: plataforma; **R**: robledal; **Rsm**: radiación solar máxima; **Tmin**: temperatura mínima; **Hdmin**: humedad mínima; **senm**: seno del dato; **cosm**: coseno del dato. Significación: !(p<0,1), *(p<0,05), **(p<0,01). Sentido de la relación: +/-.

Variable	AbP	RobsP	q0P	q1P	q2P	BiomP	DP
Tmin.		27.14%! +		28.10%! +	28.53%! +		
Hdmin	36.28% * -					32.82% * -	36.28% * -
Senm				35.07% * +	44.28% * +		
Cosm	43.58% * -					54.35% ** -	43.58% * -
Modelo Total	43.58%	0.00%	0.00%	35.07%	44.28%	54.35%	43.58%
Efecto Biofisc.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Efecto Estación	7.30%	0.00%	0.00%	35.07%	44.28%	21.53%	7.30%
Efecto Combin..	36.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	32.82%	36.28%
	AbR	RobsR	q0R	q1R	q2R	BiomR	DR
Tmax				27.83%! -	24.93%! -		
Rsm	28.20%! +						28.20%! +
Senm							
Cosm.	55.08% ** -						55.08% ** -
Modelo Total	55.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.08%
Efecto Biofisco .	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Efecto Estación	55.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.08%
Efecto Combin.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Conclusión

Como se ha observado, los factores que pueden estar influyendo sobre los escarabajos edafícolas actúan de forma diferente en plataformas que en robledales. Es posible que los resultados estén determinados por la estabilidad que le pueden dar los elementos forestales de gran tamaño a los parámetros ambientales, de tal manera que sus fluctuaciones periódicas, no alterarían las variables de abundancia, riqueza, diversidades q_0 , q_1 y q_2 , densidad y biomasa de los escarabajos edafícolas estudiados. Otro factor a considerar, es la capacidad del suelo de los robledales de regular la humedad del suelo, por la presencia de grandes capas de hojarasca (Gobernación de Santander, 2011), lo cual daría a las larvas del suelo, un medio más amable para mantener su abundancia y riqueza más estables.

Referencias

- Abarca, G. y Quesada, M. (1997). Especies del complejo de jobotos (*Phyllophaga* spp., *Anomala* spp. y *Cyclocephala* spp.) asociadas a cultivos, en el Valle Central y Pacífico Seco de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 8(2): 44-53.
- Ahrens, D., Dhoj, Y., Lago, P. y Nagel, P. (2009). Seasonal fluctuation, phenology and turnover of chafer assemblages-insight to the structural plasticity of insect communities in tropical farmlands. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 265-274.
- Alcázar, J. A., Morón-Ríos, A. y Morón, M. A. (2003). Fauna de Coleoptera Melolonthidae de Villa Las Rosas, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 88: 59-86.
- Anderson, R. S. y Ashe, J. S. (2000). Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera, Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity Conservation*, 9: 617-653.
- Apolinar María, H. (1927). Insectos nocivos en los pastos de la Sabana de Bogotá. *Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle*, 90: 51-57.
- Aragón-García, A., Nochebuena-Trujillo, C. D., Morón, M. Á. y López-Olgún, J. F. (2008). Uso de trampas de luz fluorescente para el manejo de la gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 42: 217-223.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4): 346-363.
- Chao, A. y Shen, T. J. (2009). Program SPADE (Species prediction and diversity estimation), <http://chao.stat.nthu.edu.tw>.
- Cherman, M. A. y Morón, M. Á. (2014). Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 30(1): 201-220.
- Colwell, R. K. (2000). *EstimateS v. 6.0b1. Computer program and manual*, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Cuatrecasas, J. (1989). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Pérez-Arbeláezia*, 2(8): 155-289.
- Endrödi, S. (1966). Monographie der Dynastinae (Col. Lam.) I Teil Tribus Cyclocephalini. *Entomologische Abhandlungen Staatlichen Museum für Tierkunde*, 33: 1-457.
- Endrödi, S. (1985). *The Dynastinae of the World*, Netherlands, Dr. W. Junk Publisher.

- Evans, A. V. y Smith, A. B. T. (2005). *An electronic checklist of the New World chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae)*, USA, University of Nebraska.
- García, J. C., Rivera-Cervantes, L. E. y Morón, M. (2003). Composición y abundancia estacional de los Melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera) asociados a un bosque mesófilo de montaña en el municipio de Minatitlán, Colima, México. *Estudios sobre coleópteros del suelo en América* (115-127). Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- García, S., Moreno, C. E. y Morón, M. Á. (2016). Densidad y biomasa de larvas de escarabajos Dynastinae (Coleoptera: Melolonthidae) en un bosque templado con manejo forestal en México. *Entomología mexicana*, 3: 618-625.
- Gobernación de Santander. (2011). *Santander 2030: Diagnóstico dimensión biofísico ambiental territorial del departamento de Santander*, Colombia, Universidad Industrial de Santander.
- Gotelli, N. y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Gualdrón, J. A., Villalobos-Moreno, A., Rojas, A., Cepeda-Olave, N., Díaz, J. J., Quintero, S. L. y Prada-Duran, R. (2012). *Caracterización de los componentes de biodiversidad en áreas de influencia directa e indirecta del túnel de exploración dos de AUX Colombia en California, Santander*, Bucaramanga, Colombia, Corporación CTAS.
- Gualdrón, J. A., Villalobos-Moreno, A., Cepeda-Olave, N., Quintero, S. L., Rojas, A., Díaz, J. J. y Prada-Duran, R. (2013). *Caracterización e identificación de los componentes de la biodiversidad en la ventana para futuro desarrollo minero de AUX Colombia en el municipio de Vetás, Santander*, Bucaramanga, Colombia, Corporación CTAS.
- Hyams, D. (2009). CurveExpert v1.40, <http://www.curveexpert.net/>
- Holdridge, L. R. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*, San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 1994. *Boletín Notas y Noticias Entomológicas*, Colombia, Programa de Entomología.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *OIKOS*, 113(2): 363-375.
- Lavelle, P., Senapati, B. y Barros, E. (2003). *Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods*, UK, CABF Publishing.
- Londoño, M. E., Bran, A. y Acevedo, D. (2007). Estudio de los escarabajos edafícolas Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) de los municipios paperos de los altiplanos norte y oriente del departamento de Antioquia. *Diplomado en Biología, ecología y taxonomía de Scarabaeoidea* (48-62). Cali, Colombia: Taller Editorial Facultad de Ciencias, Universidad del Valle.
- Martínez, I., Cruz, M., Montes de Oca, E. y Suárez, T. (2011). *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos*, Veracruz, México, Secretaría de Educación de Veracruz.
- Montoya, G. L., Madrigal, A. y Ramírez, C. (1994). Evaluación de las trampas de luz para el control de adultos de Scarabaeidae (Coleoptera) en cultivos de papa en La Unión, Antioquia. *Revista Colombiana de Entomología*, 20(2): 130-136.

- Morón, M. Á. (1997). Inventarios faunísticos de los Coleoptera: Melolonthidae neotropicales con potencial como bioindicadores. *Giornale italiano de Entomologia*, 8: 265-274.
- Morón, M. Á. (2001). Larvas de escarabajos del suelo en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 1: 111-130.
- Morón, M. Á. y Vallejo, L. F. (2007). El género *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Melolonthidae) en Colombia: Nuevos avances para el conocimiento de su diversidad y distribución. *Diplomado en Biología, ecología y taxonomía de Scarabaeoidea* (69-91). Popayán, Colombia: Taller Editorial Facultad de Ciencias, Universidad del Cauca y Universidad del Valle.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A.L., Escobar, F., Favila, M. y Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biology Conservation*, 137: 1-19.
- Otavo, S., Parrado-Rosselli, A. y Noriega, J. A. (2013). Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Revista de Biología Tropical [online]*, 61(2): 735-752.
- Pardo Locarno, L.C. (1994). Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. *Memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología* (159-176). Medellín, Colombia.
- Pardo-Locarno, L. C. (2002). *Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) de Caldon, Cauca, Colombia* [Tesis de Maestría]. Universidad del Valle, Cali.
- Pardo-Locarno, L. C. (2013). Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) del plan aluvial del río Cauca, Colombia I. Ensamblaje, fichas bioecológicas, extinciones locales y clave para adultos. *Dugesiana*, 20(1): 1-15.
- Pardo-Locarno, L. C., Montoya, J., Belotti, A. y Schoonhoven, A. (2005). Structure and composition of the White Grub complex (Coleoptera: Scarabaeidae) in agroecological systems of Northern Cauca, Colombia. *Florida Entomologist*, 88(4): 355-42.
- Pardo-Locarno, L. C., Morón, M., Montoya, J., Yepes, F., Pérez, C. y Galeano, P. (2007). Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia: aproximación a los complejos regionales fisiográficos. *Diplomado en Biología, ecología y taxonomía de Scarabaeoidea* (10-33). Popayán, Colombia: Taller Editorial Facultad de Ciencias Universidad del Cauca y Universidad del Valle.
- Pardo-Locarno, L. C., Ramírez-Pava, B., Villota, H., Villanueva, O. y Bahamon, W. (2011). Ensamblaje de escarabajos Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados con pasturas en el departamento del Caquetá y su posible relación con la salubridad edáfica. *Acta Agronómica*, 60: 273-284.
- Pardo-Locarno, L. C. y Rubiano, M. (1994). Registros y observaciones preliminares de los escarabajos (Coleoptera-Scarabaeoidea) del páramo de Las Hermosas, Valle-Tolima (Colombia). *Cespedesia*, 20(64-65): 87-114.
- Pardo-Locarno, L. C., Vélez, C. P., Sevilla, F. y Madrid, O. (2006). Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. *Acta Agronómica*, 55(1): 43-54.
- Pardo-Locarno, L. C., Villalobos-Moreno, A. y Stechauner, R. (2015). Nueva especie de *Lycomedes* Brème, 1844 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) de los Andes colombianos y clave para identificación de las especies. *Insecta Mundi*, 0455: 1-14.

- Peña, L.A., Bolaños, M.A., Lucero, A.M. y Vallejo, H. (2003). *Investigación para el manejo integrado de chisas en fincas de minifundio en los municipios de Yacuanquer y Ospina del departamento de Nariño*, San Juan de Pasto, Colombia, Corpoica.
- Posada, L. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia*, Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario.
- Primer Ltd. (2006). PRIMER 6. Recuperado de: <http://www.primer-e.com/>
- Restrepo, H., Morón, M. A., Vallejo, F., Pardo-Locarno, L.C. y López-Ávila, A. (2003). Catálogo de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(2): 239-263.
- Reyes-Novelo, E. y Morón, M. (2005). Fauna de Coleoptera Melolonthidae y Passalidae de Tzucacab y Conkal, Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*, 21(2): 15-49.
- Ruíz, B. N. y Pumalpa, N. (1990). Observaciones sobre las chisas (Col: Scarabeidae). *Revista ICA*, 25(4): 275-282.
- Ruíz, D. H. (2007). *Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso de la tierra en la parte media de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia)* [Tesis de Máster]. Universidad de La Habana, Cuba.
- Serna, L. M. (2004). *Reconocimiento de especies del complejo chisa (Coleoptera-Melolonthidae) asociadas a los cultivos de yuca y pasto en el municipio de Pereira y alrededores* [Trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales.
- Smith, A. B. T. (2003). A monographic revision of the genus *Platycoelia* Dejean (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Anoplognathini) *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 15: 1-202.
- Statsoft. (2011). Statistica. Recuperado de <http://statsoft.com>.
- Suárez, J. A.; Durán, E. H. y Rosas, G. (2015). Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía colombiana. *Acta Agronómica*, 64(3): 214-220.
- Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the study of insects*, Belmont, CA, USA, Thomson Brooks/Cole.
- Vallejo, L. F. y Wolff, M. (2013). The genus *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) in the Colombian Andean Mountains. *Zootaxa*, 3722(2): 101-142.
- Victoria, J. A. (2000). *Reconocimiento e identificación de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en cultivos de yuca (Manihot sculenta Krantz) de la zona de ladera del norte del departamento del Cauca* [Trabajo de grado]. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Villalobos-Moreno, A. (2020). Insectos de páramo en Santander, Bucaramanga, Colombia, Canaán Multiservicios.
- Villalobos, F. J., Pulido, R., Moreno, C., Pavón, N., Hernández, H., Bell, J. y Montiel, S. (2000). Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mays* durante la fase postcosecha en La Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 80: 167-183.
- Villegas, N., Gaigl, A. y Vallejo, L. F. (2008). El complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) asociado a cebolla y pasto en Risaralda, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1): 83-89.
- Walther, A. y Moore, J. L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28: 815-829.