

**BIOMASA DE INSECTOS ACUÁTICOS Y TERRESTRES COMO INDICADORA
DE ÁREAS ASOCIADAS CON AGRICULTURA DE MONTAÑA EN LA CUENCA
MEDIA DEL RÍO CHINCHINÁ (CALDAS, COLOMBIA)**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister
en Ciencias Biológicas**

Camilo Andrés Llano Arias

Doctor

Giovany Guevara Cardona

Director

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
MANIZALES
2018**

Resumen ejecutivo:

El movimiento de materia, energía y nutrientes entre ecotonos es un tema de particular interés en la ecología de paisaje (o de ecosistemas). Un ejemplo de ello lo constituye la evaluación de la composición, estructura y función de artrópodos asociados con microcuencas inmersas en agroecosistemas, en zonas de alta montaña. En estos agroecosistemas que bordean zonas ribereñas, la interacción entre diferentes grupos de insectos puede determinar una alta dependencia (control biológico [plagas], relación intra e interespecífica), de acuerdo con el grado de heterogeneidad o mezcla de parches boscosos con zonas cultivadas. Existen diferentes aproximaciones para abordar la relación entre la biodiversidad de la entomofauna y su función en los ecosistemas terrestres, dulciacuícolas y ribereños, la cual se modifica por efecto de la fragmentación de hábitats; una actividad común en la región Andina colombiana.

Además de los aspectos tradicionalmente evaluados en los (agro)ecosistemas: composición, riqueza, densidad, diversidad; tanto a nivel mundial como en Colombia, existen otras variables claves como la biomasa y la diversidad funcional. La abundancia de varios grupos funcionales en un área definida incluye el valor de estas especies o grupos sobre el funcionamiento del ecosistema, según su propia dinámica y la de los cultivos aledaños, y puede ser valorada cuantitativamente mediante la producción secundaria (ej.: en términos de biomasa). En este sentido, es importante analizar los aportes de biomasa de los insectos debido a que estos son clave en procesos que influyen el reciclaje de los nutrientes tanto de manera directa como indirecta.

Para las cuencas impactadas por agricultura en Colombia, existe poca información sobre la biomasa de la entomofauna acuática y terrestre en sus diferentes componentes como riqueza de especies y cuantificación de sus aportes. La mayor parte de los estudios en el país, se han direccionado a la dinámica de poblaciones de insectos plaga o a la caracterización de la diversidad de los agroecosistemas. En el caso de los insectos, se han analizado independientemente los acuáticos y los terrestres; razón por la cual, los análisis funcionales no presentan un panorama general. Por lo anterior, se planteó la presente

investigación para establecer cómo cambia la diversidad y los aportes de biomasa de la entomofauna acuática y terrestre en áreas impactadas por agricultura, y si estos elementos del ecosistema se correlacionan con las prácticas agronómicas del cultivo (prácticas culturales, rotación del cultivo, manejo fitosanitario, entre otras). El objetivo central fue evaluar la diversidad y cuantificar los aportes de biomasa de la entomofauna acuática y terrestre en áreas asociadas con agricultura de montaña, en la cuenca media del Río Chinchiná ubicada entre los municipios de Villamaría y Manizales (Caldas, Colombia).

Métodos. Se evaluaron tres microcuencas ubicadas entre 1500-2500 m s.n.m., zona productiva media del municipio de Villamaría. En estas se eligieron cuatro coberturas distribuidas de la siguiente manera: **dos impactadas** por agricultura de montaña, específicamente por horticultura (**A1**; 5°1'50.3"N, 75°31'39,7"O, 1780 m y **A2**; 5°1'36.9"N, 75°31' 26.3"O, 1754 m; en adelante Agricultura 1 y Agricultura 2). Entre los cultivos más representativos de esta matriz agrícola se presentan: repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), cilantro (*Coriandrum sativum*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y maíz (*Zea mays*), **una en regeneración natural** (**R**; 5°1'11.5"N, 75°31'15.2"O, 1754 m), la cual presenta un proceso recuperación de un proceso erosivo por más de 10 años y caracterizada por presentar vegetación multi-estrato (herbáceo, semi-arbustivo y arbustivo) y **una área de referencia** (**Rf**; 5°1'42.1"N, 75°31'10.9"O, 1814 m) constituida por un bosque de más de 120 años de conservación. Cada cobertura presenta un cuerpo de agua en su borde.

Para la colecta de los insectos adultos -acuáticos y terrestres (Capítulos I y II) se utilizaron trampas tipo Malaise con alcohol al 90%; este método garantiza una alta acumulación de insectos, característica necesaria para los estudios de biomasa. Se ubicaron dos trampas por cobertura, una en el interior y otra en el borde, aledañas a cuerpos de agua, ya que la agricultura de montaña se desarrolla siguiendo estos criterios. Las trampas estaban separadas por 250m lineales e inmersas en un área mínima de 1000 m² de la cobertura evaluada. El primer bloque de muestreo se realizó entre el 1 y 15 de febrero y el 1 y 15 de agosto de 2015, con un esfuerzo total de 384 h por periodo (Capítulo I). El segundo bloque evaluado se realizó entre febrero-abril y en mayo- agosto de 2015, con un esfuerzo de muestreo de 1512 h por periodo evaluado, respectivamente; en todos los periodos, las

muestras se retiraron semanalmente (Capítulo II). Al tiempo que se evaluaron los insectos terrestres, durante septiembre - diciembre de 2014 y enero - abril de 2015 se colectaron insectos en estado inmaduro en las fuentes hídricas de cada cobertura analizada (Capítulo III). Para esto se eligió un tramo de 100m lineales en cada una de las estaciones, se utilizaron redes tipo Surber de 30.5 x 30.5 cm, con ojo de malla de 250 μ m y se evaluaron tres sustratos: hojarasca, roca y sedimento fino, con tres repeticiones. Se separaron los especímenes en campo utilizando bandejas blancas y se organizaron en viales debidamente rotulados y fijados en alcohol al 96%. Paralelamente, se evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos e hidrológicos en los muestreos de febrero, julio, y noviembre de 2014. Se registraron *in situ* temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Paralelamente, se tomaron muestras de agua para el registro de los siguientes parámetros *ex situ*: cloruros, sulfatos, nitritos, fosfatos, grasas y aceites, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO₅), sólidos totales, sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal, aluminio, mercurio, hierro total, plomo, cianuro, boro, *Escherichia coli* y coliformes totales. Igualmente, se midieron cuatro variables hidrológicas: velocidad del agua, ancho, profundidad del cauce y caudal.

Los especímenes registrados en todos los muestreos se determinaron a la menor jerarquía taxonómica posible, utilizando claves especializadas, visitas a colecciones certificadas a nivel nacional y consulta con especialistas nacionales e internacionales de los grupos de interés. Finalmente, el material se depositó en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC). La biomasa seca, se cuantificó mediante el siguiente procedimiento: se separaron los especímenes (morfoespecie) por estaciones y fechas de muestreo, posteriormente se empacaron en bolsas de papel y se llevaron a un horno para su secado a 70 °C durante 24 h, seguidamente las muestras secas se pesaron en una balanza de precisión (0.0001g). El peso seco obtenido en g se relacionó con el área efectiva de las trampas (Malaise= 250 m² y red Surber= 0.09 m²). Estos datos se utilizaron en la fórmula: Biomasa = g*m². Este procedimiento se llevó a cabo debido a que la biomasa es el producto de la masa corporal promedio y la densidad de los individuos que habitan en un área evaluada. Todo el procedimiento se realizó en el Laboratorio de Colecciones Biológicas de la Universidad de Caldas.

Como un aporte socio-ambiental del estudio, paralelo a los diferentes experimentos, se realizó un acercamiento de los resultados de investigación a la comunidad de la Vereda La Floresta (Villamaría, Caldas). Para esto se utilizaron diferentes estrategias como reuniones con la Junta de Acción Comunal, talleres de capacitación y concientización, y la socialización de los resultados (preliminares) presentados en diferentes eventos académicos nacionales e internacionales.

Resultados

Capítulo I. **Caracterización de la biomasa seca de insectos acuáticos y terrestres en áreas altoandinas impactadas por agricultura en la cuenca media del río Chinchiná (Caldas, Colombia).** Se colectaron 19865 especímenes que representaron una biomasa total de 0.047888 g*m² distribuidos en 17 órdenes de insectos, de los cuales Coleoptera presentó la mayor biomasa (0.0137), seguido de Lepidoptera y Diptera con 0.011388 y 0.006312 g*m², respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en los aportes de biomasa entre Regeneración y Referencia (Friedman, $p < 0.0001$). Entre las ubicaciones, al interior se encontraron diferencias significativas entre Regeneración, Referencia y Agricultura 1 (Friedman, $p < 0.0001$) y en el borde, se presentaron diferencias significativas (Friedman, $p < 0.0001$) entre el borde de Agricultura 2 y Regeneración.

Capítulo II. **Diversidad y biomasa de Hemiptera (Arthropoda: Insecta) en áreas impactadas por agricultura en la cordillera central de Colombia.** Los resultados se presentan en dos sub capítulos, el primero: Aportes al estudio de los delfácidos de Colombia: primer registro de la subfamilia Asiracinae y *Copicerus irroratus* Swartz, 1802 en un paisaje agrícola de montaña, se aumenta la biota de delfácidos para Colombia registrando la subfamilia Asiracinae y la especie *Copicerus irroratus* Swartz, 1802 para el país, además se incluye una clave taxonómica para las especies del género a nivel mundial. En el segundo subcapítulo: Diversidad y biomasa de los chinches de la hojarasca Enicocephalomorpha y Dipsocoromorpha (Hemiptera: Heteroptera) en áreas impactadas por agricultura de montaña en la cordillera central de Colombia, se registraron 285

especímenes, distribuidos en los dos infraórdenes. En términos de riqueza, Dipsocoromorpha presentó dos familias Ceratocombidae y Schizopteridae y cinco géneros *Ceratocombus*, *Corixidea*, *Membracoides*, *Nannocoris* y *Schizoptera*; Enicocephalomorpha presentó dos familias Aenictopecheidae y Enicocephalidae y cuatro géneros *Tornocrusus*, *Alienates*, *Neoncylocotis*, *Systelloderes*. El infraorden con mayor abundancia fue Dipsocoromorpha con 151 (52.98%) especímenes, mientras Enicocephalomorpha alcanzó 134 individuos (47.02%). Dentro de Dipsocoromorpha la familia y género que más abundancia acumularon fue Ceratocombidae y *Ceratocombus* con 84 especímenes. Para Enicocephalomorpha la familia con mayor abundancia fue Enicocephalidae con 113 especímenes y el género *Systelloderes* alcanzó la mayor abundancia con 111 individuos. En cuanto a la diversidad entre coberturas, los resultados obtenidos para la completitud del muestreo oscilaron entre 97% (Referencia) y 100% (Agricultura 1 y 2). La similitud en estos valores permitió hacer la comparación en los parámetros de la diversidad (qD) de forma directa sobre los valores observados. La cobertura con más riqueza de morfotipos efectivos ($q=0$) fue Regeneración con 10, seguido de Referencia y Agricultura 2 con 8 y Agricultura 1 con 6 morfoespecies efectivas. En la diversidad *per se* ($q=1$), el mayor valor también lo obtuvo la Regeneración con 5.917, seguido de Bosque con 5.47, Agricultura 2 con 5.11, y finalmente Agricultura 1 con 4.59 morfoespecies efectivas. Para el último parámetro evaluado, la dominancia de los morfotipos efectivos $q=2$, el mayor valor se presentó en Regeneración con 4.064, seguido de Referencia con 4.043 y finalmente Agricultura 1 y 2 con 3.84 morfoespecies efectivas, respectivamente.

En cuanto a las ubicaciones, el interior presentó un patrón similar al de la diversidad por coberturas, donde la Regeneración presentó los valores más altos de riqueza de morfoespecies efectivas y fue la más diversa y dominante con 7, 5.062 y 3.94 para q_0 , q_1 y q_2 , respectivamente. Los valores siguientes fueron: Agricultura 1 (4, 3.864 y 3.769), Referencia (4, 3.789 y 3.571) y Agricultura 2 (3, 3 y 3), para q_0 , q_1 y q_2 , respectivamente. Para el borde, la diversidad $q=0$, $q=1$ y $q=2$ continuó con un patrón similar al de la diversidad al interior, mostrando los valores más altos para la Regeneración (9, 5.55 y 3.907); sin embargo, se presentaron los siguientes cambios: en la riqueza de morfoespecies ($q=0$), el segundo lugar lo obtuvo la Agricultura 2 con 8, el tercero Referencia con 7 y

finalmente, Agricultura 1 con 5. En la diversidad $q=1$, Referencia obtuvo el segundo lugar con 4.98, seguido de Agricultura 2 con 4.88 y finalmente, Agricultura 1 con 3.63 morfoespecies efectivas. Para la dominancia ($q=2$), se presentó el mismo orden de la diversidad ($q=1$); es decir, en segunda posición Referencia con 3.77, luego Agricultura 2 con 3.65 y posteriormente, Agricultura 1 con 3.05 morfoespecies.

En la composición, el NMDS mostró una separación de la Regeneración frente a las otras coberturas, similar a los valores en el ANOSIM. Además, se encontró que Referencia es significativamente diferente a Regeneración y Agricultura 1. En las ubicaciones de las trampas, los resultados en el NMDS y el ANOSIM, señalaron que se presentan diferencias significativas entre el interior y borde de algunas coberturas; el borde de Regeneración presentó diferencias significativas con las ubicaciones de todas las coberturas, inclusive con el interior de sí misma. En Regeneración y Agricultura 1 y 2, el interior presentó diferencias significativas frente a su borde.

En los aportes de biomasa, de los 151 especímenes de *Enicocephalomorpha* se utilizaron 133 para el cálculo de la biomasa, distribuidos así: 21 pertenecientes a la morfoespecie del género *Tornocrusus* (*Enicocephalomorpha*: *Aenictopecheidae*) y 112 en tres morfoespecies de *Systelloderes* (*Enicocephalomorpha*: *Enicocephalidae*) que alcanzaron un aporte total de 0.00536 g*m². Los mayores aportes correspondieron a *Systelloderes* con 83.11% del total (0.0044552 g*m²), y entre sus morfotipos, el que más aportó fue el SM1 37% (0.0019872 g*m²) con respecto al total del género. La Regeneración presentó diferencias significativas en los aportes de biomasa frente a las otras coberturas y Referencia presentó diferencias con Agricultura 1. Las ubicaciones siguieron el mismo patrón de diversidad con la mayor acumulación de biomasa en los bordes con el 89.95% (0.0045968 g*m²), mientras al interior solo acumularon el 13.05 % (0.0006896 g*m²), y la ubicación que más acumuló fue el borde en Regeneración con el 57.86% (0.0030588 g*m²) y Agricultura 1 no presentó aportes de biomasa en su interior. Se presentaron diferencias significativas en la comparación de los aportes de biomasa entre la ubicación en la Regeneración (Mann-Whitney, $p=0.0002$) y Regeneración ($p=0.0247$).

Capítulo III. Biomasa de simúlidos (Diptera: Simuliidae) en áreas impactadas por agricultura de montaña en la cuenca media del río Chinchiná (Caldas, Colombia). Se colectaron 2386 especímenes, pertenecientes al género *Simulium*, que representaron una biomasa total de 0.0022 g*m² distribuidos en una especie *Simulium (Aspathia) metallicum* Bellardi, 1859 y dos morfotipos *Simulium (Aspathia) metallicum* M1 y *Simulium (Trichodagmia)* M1 con los siguientes aportes de biomasa 0.00145, 0.000132 y 0.00058 g*m², respectivamente. Se presentaron diferencias significativas en los aportes de biomasa entre especies mientras que entre estaciones se presentaron diferencias marginales y entre sustratos no se presentaron diferencias significativas. En la composición, utilizando la biomasa el NMDS mostró una separación de Referencia y las estaciones impactadas por Agricultura (1 y 2). Además, en el ANOSIM se presentó el mismo patrón y se encontraron diferencias significativas entre todas las estaciones. Los resultados de la prueba de Spearman mostraron una correlación negativa moderada a negativa alta de la biomasa de simúlidos con la mayoría de los depredadores, sin embargo, también se presentaron correlaciones positivas con algunos de ellos. Con los únicos depredadores que no se presentaron diferencias significativas fue con Dytiscidae sp1 (Coleoptera) y con *Oecetis* (Trichoptera: Leptoceridae).

Capítulo IV. Proyección a la comunidad: Aportes para la conservación de insectos (Hexapoda: Insecta) en áreas impactadas por agricultura de montaña en la cuenca media del río Chinchiná (Caldas, Colombia). La socialización de algunos resultados de investigación de este proyecto y la realización de otras actividades tendientes a mejorar la relación entre la comunidad y sus recursos biológicos, indicaron que en muchas ocasiones lo que necesitan las comunidades son oportunidades para participar e integrar adecuadamente el desarrollo con las áreas de importancia biológica en los lugares donde residen.

