

Documento técnico - Programa Apoyo a la Investigación del Convenio Ecoreservas - Programa Bimonitores

En el marco del Convenio Ecoreservas desarrollado en conjunto entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y ECOPETROL S.A, será implementado el programa de Bimonitores, que tiene como objetivo general: consolidar un programa de biomonitorio en la Ecoreserva ASA La Guarupaya, que articule comunidades locales y estudiantes de ciencias de la vida (maestría y pregrado) e integre el uso y generación de información genética. Este programa cuenta con tres objetivos específicos:

1. apoyar a diez (10) estudiantes -maestría y pregrado- de universidades colombianas, por doce (12) meses, para que contribuyan a la generación de conocimiento en biodiversidad de la Ecoreserva ASA La Guarupaya (Acacias - Meta), llevando a cabo sus proyectos de grado, en una de las siguientes líneas temáticas:

1. Caracterización y monitoreo de la comunidad de insectos con trampas Malaise. Los grupos a estudiar con este sistema son: **Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, y Hemiptera,**
2. Caracterización y monitoreo de la comunidad de Lepidoptera, sus plantas hospederas y parasitoides asociados. Los grupos a estudiar son: **Lepidópteros diurnos y Lepidópteros nocturnos.**
3. Caracterización y monitoreo de **macroinvertebrados acuáticos.**
4. Caracterización y monitoreo de la **fauna edáfica.**
5. Monitoreo y establecimiento de **plántulas y dispersión de semillas.**
6. **Métodos pasivos** para monitoreo de la biodiversidad

2. Implementar un proyecto de bimonitores al interior de la ecoreserva ASA la Guarupaya, que busca empoderar a la comunidad local en el conocimiento de la

biodiversidad. Para cumplir este objetivo, los estudiantes interactuarán con los biomonitores (personas de la comunidad), y de esta forma se promoverá el intercambio de conocimiento y el levantamiento temporal de la información biológica.

3. Implementar la información genética como herramienta de caracterización y monitoreo de la biodiversidad en la Ecoreserva. A través de la taxonomía integrativa en los grupos seleccionados y enmarcados en la iniciativa de códigos de barras ADN se busca contribuir a las bases de referencia genética de la biodiversidad en Colombia. Casi todas las líneas temáticas propuestas cuentan con un componente genético que quedará disponible, junto con la información taxonómica, en bases de datos públicas.

El programa busca una articulación entre las líneas temáticas propuestas y el trabajo conjunto de los estudiantes y biomonitores para garantizar la generación de conocimiento y su apropiación social. Cada uno de los estudiantes seleccionados tendrá el acompañamiento de un investigador del Instituto Humboldt como co-director del proyecto.

Apoyo a estudiantes

El programa de apoyo a la investigación otorgará a diez (10) estudiantes colombianos que se encuentren inscritos en un programa de maestría o pregrado (últimos semestres), en áreas de ciencias biológicas, forestales, agrónomas o afines, un apoyo económico durante un año, cobertura de gastos de salidas de campo (según cronograma de cada línea temática), materiales para recolección de muestras y secuenciación genética, a fin de que puedan desarrollar sus trabajos de grado en una de las líneas temáticas propuestas.

El programa iniciará en el segundo semestre del año 2022, los diez (10) estudiantes seleccionados estarán distribuidos de la siguiente manera:

Líneas temáticas	Número de estudiantes
1. Comunidad de insectos con trampas Malaise:	
a. Diptera	1
b. Coleoptera	1
c. Hemiptera	1
d. Hymenoptera	1
2. Lepidoptera, sus plantas hospederas y parasitoides asociados	
a. Lepidópteros diurnos	1
b. Lepidoptera nocturnos	1
3. Macroinvertebrados acuáticos	1
4. Fauna edáfica	1
5. Plántulas y dispersión de semillas	1
6. Métodos pasivos para el monitoreo de la biodiversidad	1

Los estudiantes interesados en participar de este proceso, deberán presentar la documentación requerida en el reglamento antes del **lunes 26 de septiembre a las 11:59 p.m. (hora colombiana)**, incluyendo la carta de motivación donde explique brevemente por qué tiene interés en el grupo taxonómico seleccionado, destacando sus rasgos positivos y las habilidades o cualidades que podrían tener un impacto positivo en el desarrollo del programa y su experiencia académica y/o profesional. Se espera en este punto conocer si el estudiante tiene interés en un grupo taxonómico particular en el cuál quisiera profundizar (para mayor detalle consultar el **Reglamento del programa individual de apoyo para la investigación del convenio No. 22-077 - ECORESERVAS - PROGRAMA BIOMONITORES**).

Productos esperados del estudiante: **1.** Participación en talleres de formación de biomonitores, a través de la elaboración de material didáctico en diferentes temas como identificación y montaje del grupo taxonómico, su importancia ecológica, un taller final donde se socializarán los resultados parciales y finales con la comunidad, **2** Participación en jornadas de campo, **3** comunicación constante con los biomonitores a través de diferentes canales de comunicación (whatsapp, llamadas telefónicas, videollamadas, entre otros), **4** Identificación taxonómica de las muestras recolectadas, **5** Archivos fotográficos organizados, **6** Submuestreo de material biológico para análisis genético, **7** Bases de datos de los especímenes recolectados, secuencias genéticas e información asociada en formatos definidos por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt para las plataformas BOLD (<http://boldsystems.org/> Ratnasingham and Hebert 2007) y SIB Colombia, **8** Participación en reuniones virtuales mensuales de seguimiento, **9** Informes mensuales de avance de ejecución técnica, **10** Un reporte final con análisis y resultados en formato de publicación científica, **11** Especímenes biológicos y tejidos organizados para su depósito en colecciones registradas, **12** Incorporación y documentación en la Infraestructura Institucional de Datos – I2D de los productos generados en el marco del proyecto en los formatos definidos por la I2D. **13.** Cartilla divulgativa representativa de la biodiversidad del área enfocado a su grupo de estudio.

Días estimados de permanencia presencial en ASA La Guarupaya (Meta) por parte del estudiante (Tabla 1) (puede estar sujeto a modificaciones): **1.** Taller de inicio y campo: 15 días (incluidos 7 días de taller). **2.** Talleres de formación: entre 5 y 10 días según el taller. **3.** evento de cierre: 5 días

Formación de biomonitores

¿Quiénes son los biomonitores? Los biomonitores son personas adultas de comunidades locales, interesadas en aprender sobre la biodiversidad y dispuestas a continuar en un trabajo de inventario y monitoreo de la biodiversidad en la ecoreserva. Los biomonitores contarán con espacios de transferencia de capacidades y acompañamiento durante un año, con el fin de que

puedan realizar de manera continua la toma de datos biológicos, realizar la separación inicial de morfotipos, realizar una organización preliminar del material para el depósito en colecciones, aportar a los contenidos de historia natural de los especímenes y monitorear los cambios en las comunidades biológicas de estudio. Los estudiantes tienen un papel fundamental en la formación de los biomonitores y en el acompañamiento continuo para la toma de datos. La actividad de biomonitores y estudiantes tendrá inicio con un taller de transferencia de capacidades y establecimiento de las plataformas de muestreo donde se prevé contar con el acompañamiento de expertos taxónomos para cada uno de los grupos propuestos en las líneas temáticas.

Tabla 1. Cronograma general estudiantes (puede estar sujeto a modificaciones)

Actividad	2022					2023												
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Apertura convocatoria	■																	
Selección de estudiantes		■	■															
Salida de campo			■	■			■	■										
Talleres y evento de cierre			■	■			■	■				■			■	■		

Productos esperados de los biomonitores (Tabla 2): **1** Recolección continua de muestras y datos asociados, **2** Fotografías **3** Separación de muestras en morfotipos **4** Apoyo al montaje de muestras y submuestreo de tejidos **5** Aporte a los contenidos de información de los especímenes recolectados **6** Participación en los talleres y jornadas de campo.

Tabla 2. Cronograma general biomonitores (puede estar sujeto a modificaciones)

Actividad	2022					2023											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Curso Biomonitoreo																	
Selección																	
Actividades de campo y procesamiento de material																	
Talleres y evento de cierre																	

Generación de códigos de barras de ADN

Los códigos de barras de ADN son secuencias cortas y estandarizadas de ADN que permite identificar variaciones intra e inter específicas (Hebert et al. 2003). Esta información genética representa una herramienta para la identificación de especies y en el contexto de este programa es una herramienta particularmente útil para grupos taxonómicos difíciles de identificar por su tamaño, vacíos de conocimiento o incluso su estado de vida (juveniles sin caracteres diagnósticos asociados).

Se prevé la generación de códigos de barras de ADN a partir de material biológico recolectado por estudiantes y biomonitores. Los marcadores previstos para secuenciación son: COI en animales e

ITS en plantas. Estas secuencias integrarán los proyectos de investigación de los estudiantes y serán publicados en la plataforma BOLD (<http://boldsystems.org/> Ratnasingham and Hebert 2007) buscando enriquecer el inventario genético nacional y contribuir a la construcción de conocimiento global. El Instituto Humboldt se encargará de gestionar la generación de códigos de barras de ADN de manera articulada entre las líneas temáticas.

Área de estudio

La Ecoreserva ASA La Guarupaya se encuentra ubicada en los municipios de Acacías y Castilla la Nueva, en el departamento del Meta y está constituida por un solo predio que se conoce como el ASA La Guarupaya o área de Sostenibilidad Agroindustrial, ubicados en las veredas La Primavera (Acacías) y Sabanas del Rosario (Castilla la Nueva) (Figura 2), muy cerca de los complejos petroleros de Chichimene. La ecoreserva cuenta con un área de 286 hectáreas, se encuentra en un rango de elevación entre los 59 y 349 m s.n.m. y presenta una precipitación media anual entre los 2,413 y 3,617 mm. La fisionomía de sus ecosistemas son bosques de galería, sabanas herbáceas y arbustales, pantanos y lagos, lagunas, y cauces de ríos y quebradas. Las principales coberturas corresponden a pastos limpios, bosque de galería y zonas pantanosas. En cuanto a coberturas antrópicas, palma de aceite, plantación de latifoliadas, caña y cultivos y árboles plantados. Por mucho tiempo este predio ha funcionado como laboratorio de investigación de sistemas productivos, y algunos estudios de caracterización han reportado altos niveles de diversidad para varios grupos taxonómicos.

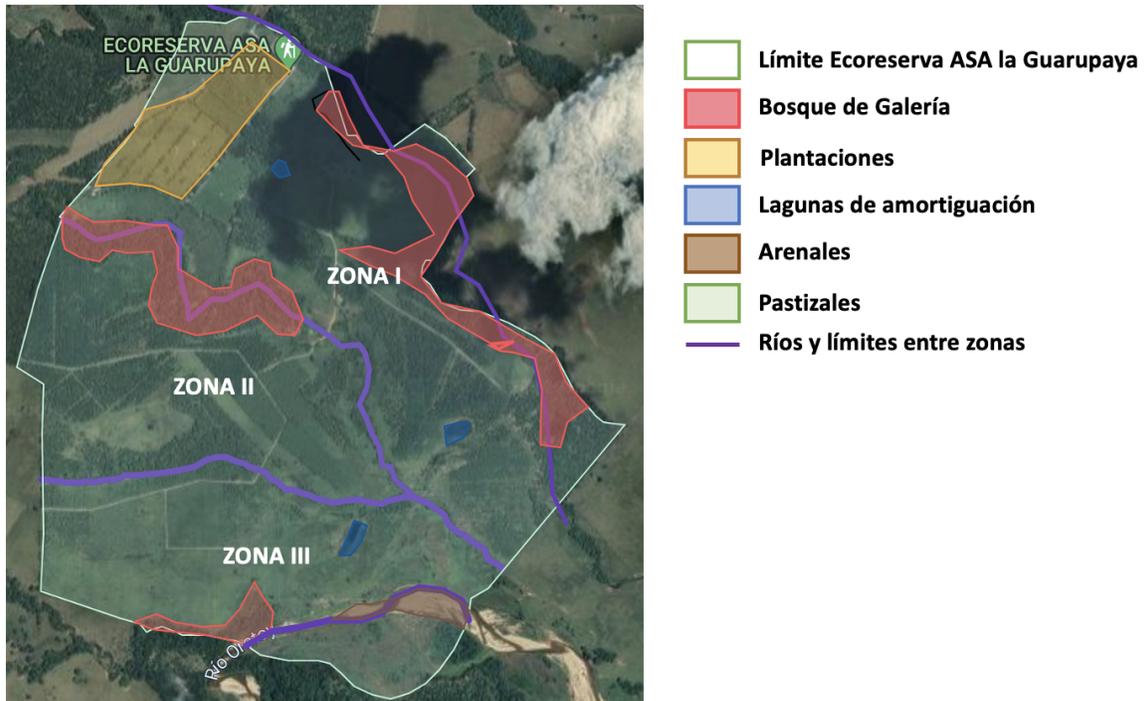


Figura 1. Ecoreserva ASA La Guarupaya, Meta. Se encuentran cinco tipos de coberturas: pastizales, bosque de galería, zonas pantanosas, cultivos y árboles plantados y cuerpos de agua (Ríos, quebradas y lagunas).

Líneas temáticas

1. Caracterización y monitoreo de la comunidad de insectos con trampas Malaise:

Diptera, Hymenoptera, Coleoptera y Hemiptera

Los insectos son un grupo animal diverso y abundante presente en gran número de hábitats en nuestro planeta y con gran potencial de impacto en humanos y otros organismos (Wilson 1999; Robinson et al. 2011). Los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Hemiptera corresponden a los órdenes más diversos. Estos grupos han sido ampliamente utilizados como indicadores del estado de conservación de ecosistemas naturales globalmente, y en monitoreos de diversidad de insectos a nivel mundial.

A pesar de que la Orinoquia es estimada como una zona altamente diversa, en lo referente a los insectos se considera que aún no se tiene un inventario de especies completo que cuente con una cobertura geográfica amplia (Bello et al. 2014; Morales-Castaño y Medina 2009, Medina et al. 2010). Para el orden Hemiptera los estudios realizados en esta región se centran en su rol como plagas o vector de enfermedades y secundariamente en los registros de estudios de macroinvertebrados acuáticos (Guevara, Cardona y Pinto 2008; Zamora 2015; Morillo et al. 2012). Los coleópteros han sido un poco más estudiados, sin embargo, las investigaciones publicadas en los llanos orientales se enfocan en el grupo de los escarabajos coprófagos y en menor medida en el rol de algunos coleópteros como transmisores de plagas para el cultivo de palma africana, por lo cual se considera que existe un vacío en el conocimiento de la diversidad y ecología de una gran parte del orden (Castillo Morales et al. 2011; Noriega et al. 2007; Ramirez Criollo et al. 2000). A pesar de que los dípteros son unos de los grupos más diversos de insectos, puede ser uno de los menos conocidos, de manera general los estudios sobre los dípteros se centran en su rol como vector de enfermedades y en menor medida como posibles plagas de algunos cultivos, para el caso de los llanos orientales sólo se registra un estudio como plaga de cultivo de palma africana (More T. et al. 1997). De los cuatro grupos a estudiar, los Hymenoptera son quizás los que presentan una mayor cantidad de estudios publicados de diversidad y ecología en el departamento del Meta, en hormigas, abejas y avispas es posible encontrar estudios de taxonomía y ecología, sin embargo los estudios encontrados se enfocan en grupos específicos dejando nuevamente un vacío en la caracterización el orden para la región (Gomez et al. 2020; Ladino et al. 2018; Nates Parra et al. 2008; 2011).

Aunque existen diversas metodologías para la caracterización y estudio de estos grupos, en esta línea se propone el uso de trampas Malaise (Karlsson et al. 2020; Geiger et al. 2016) las cuales son ampliamente utilizadas para la colecta de insectos de diversos órdenes y son muy efectivas en la colecta de insectos voladores (Skvarla et al. 2020).

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto

1. Realizar la identificación taxonómica y genética de los individuos recolectados

2. Analizar la dinámica temporal de la comunidad de insectos (composición y estructura) en la Ecoreserva ASA La Guarupaya.
3. Analizar la comunidad de insectos entre los hábitat seleccionados, en función de variables ambientales y con respecto a otras áreas de los llanos orientales.

En esta línea se espera llevar a cabo la identificación taxonómica y molecular de grupos de insectos recolectados en trampas Malaise en al menos dos puntos de muestreo. La identificación de insectos se realizará basada en los caracteres morfológicos de cada uno de los especímenes y la caracterización genética a través del uso de códigos de barras de ADN, en particular de la región COI (Hebert et al. 2003). Las trampas estarán disponibles para recolección de muestras por un periodo de una o dos semanas, esto dependerá de la densidad reportada en los primeros muestreos. Los estudiantes participarán en la recolección y separación inicial de muestras del primer mes, tendrán acceso a todo el material recolectado en la reserva, donde este será separado preliminarmente con ayuda de los biomonitores. El material será recolectado en alcohol al 96%, después de la separación inicial por parte de los biomonitores, se hará llegar el material a los estudiantes para el submuestreo del tejido que será enviado a extracción, amplificación y secuenciación de ADN por parte del Instituto Humboldt y para que procedan con la identificación taxonómica, además deberán resaltar los cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y su importancia ecológica o ecosistémica, realizar la preparación del material para depósito en una colección registrada definida al iniciar el proyecto. Las secuencias obtenidas serán analizadas por los estudiantes para ser integradas en la determinación taxonómica y la resolución de preguntas del proyecto. Los biomonitores realizarán el proceso de recolección mensual de datos en campo y separación del material con apoyo constante de los estudiantes.

Número de estudiantes:

Cuatro (4) estudiantes, uno (1) para cada línea: Hymenoptera, Coleoptera, Diptera y Hemiptera

Actividades adicionales de los estudiantes: Desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA La Guarupaya que utilice los datos recolectados de insectos en las trampas Malaise

e integre su labor en la identificación taxonómica de especies con morfología e información genética, resaltando cambios en el tiempo (monitoreo quincenal) y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies (reconocer especies endémicas, protegidas, introducidas, migratorias, plagas forestales, vectores o servicios ecosistémicos). Durante la visita inicial deberá asistir al montaje de las trampas Malaise y separación de muestras. Al finalizar deberá presentar la caracterización de insectos recolectados y los productos esperados comunes a todas las temáticas.

Biomonitores (número total: dos (2))

Actividades de los biomonitores: Participación en talleres de capacitación y de socialización, recolección de muestras de trampas Malaise. Montaje y etiquetado permanente de insectos, preparación de muestras para secuenciación genética. Identificación de insectos, fotografías y registros de insectos en plataformas digitales. Disponer de un canal de comunicación constante con los estudiantes.

2. Caracterización y monitoreo de la comunidad de Lepidoptera, sus plantas hospederas y parasitoides asociados. **Las líneas a estudiar son: Lepidópteros diurnos y Lepidópteros nocturnos**

El orden Lepidoptera es uno de los más diversos dentro de los insectos y se encuentra conformado por mariposas y polillas, este grupo es ampliamente reconocido por las personas debido a sus llamativos patrones de coloración dados por la presencia de pequeñas escamas en sus alas (French-Constant 2018). Estos insectos cumplen roles muy importantes dentro de los ecosistemas, principalmente como polinizadores, también como plagas y presas de otros organismos (Wahlberg et al. 2013). Las mariposas y polillas presentan relaciones estrechas con sus plantas hospederas y con parasitoides los cuales ejercen un control biológico de sus poblaciones, estas relaciones han sido importantes para estudiar y entender patrones de coevolución (Wahlberg et al. 2013).

Recientemente el uso conjunto de ADN y la cría de lepidópteros para el estudio de la biodiversidad, han permitido detectar una gran variedad de relaciones entre planta

hospedera-Lepidoptera-parasitoide y la sorprendente diversidad de especies crípticas de mariposas, polillas y sus parasitoides. A partir de este método investigativo en el Área de Conservación Guanacaste (ACG) (Costa Rica) se han identificado varios complejos de especies de mariposas (Janzen et al. 2012; 2017), al igual que varios complejos de especies de parasitoides de la mosca *Belvosia* (Tachinidae) (Smith et al. 2006; 2007), del género *Euplectrus* (Hansson et al. 2015) y del género de avispa *Glyptapanteles* (Braconidae) (Arias-Penna et al. 2019). Este tipo de estudios ha permitido igualmente avanzar sustancialmente en el conocimiento de este grupo de insectos por lo cual se considera un aspecto importante en esta línea temática del proyecto.

Recolectar el Lepidóptero en su hospedero permite identificar la especificidad de sus interacciones. En adición a la posibilidad de seguir el ciclo de vida de los Lepidopteros, reconocer y conectar los estadios inmaduros con los adultos de cada especie, registrar el número de días que toma cada ciclo hasta adulto y también trabajar en la identificación y registro de plantas hospederas y en la detección de los parasitoides. En los llanos orientales de Colombia se han realizado algunos estudios de la diversidad de Lepidoptera en distintos tipos de vegetación (Fraija y Fajardo 2006; Castillo et al. 2011), sin embargo, los estudios de ciclo de vida y relación planta hospedera-Lepidoptera-parasitoide son inexistentes.

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto

1. Realizar la identificación taxonómica y genética de los individuos de Lepidoptera, adultos e inmaduros, recolectados (Un estudiante se enfocará en los diurnos y el segundo estudiante en los nocturnos)
2. Evaluar la composición y estructura temporal de especies de Lepidoptera en la Ecoreserva ASA La Guarupaya y cómo se diferencia de otros ecosistemas de los llanos orientales.
3. Analizar los ciclos de vida de los lepidópteros de la Ecoreserva ASA La Guarupaya.
4. Realizar la identificación taxonómica y genética de los individuos recolectados de parasitoides y plantas asociados a los lepidoptera.

En esta línea se espera llevar a cabo la identificación morfológica y molecular de especies de lepidópteros, plantas hospederas y parasitoides. Los estudiantes establecerán transectos y metodologías estandarizadas que abordarán en compañía de los biomonitores para la toma de datos biológicos y ambientales, incluyendo la recolección y preparación del material para identificación y la obtención de datos morfológicos y moleculares. La recolección de ejemplares adultos se hará a través de la implementación de trampas van Someren-Rydon (Andrade-C et al. 2013) y en el caso de polillas se utilizarán trampas de luz.

En estos transectos se hará muestreo de adultos e inmaduros. Las orugas serán recolectadas de la planta hospedera y llevadas a la estación de cría para ser estudiadas desde la perspectiva de ciclos de vida y relación con plantas hospederas y sus parasitoides. El estudiante continuará el trabajo de identificación de especies de adultos e inmaduros (orugas, pupas), resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y su importancia ecológica y ecosistémica. El biomonitor hará seguimiento continuo de cambios en la oruga y registrará datos de historia natural del organismo (revisar actividades del biomonitor). Se recolectarán los parasitoides emergentes. El biomonitor continuará permanentemente la búsqueda activa de orugas. Respecto a plantas hospederas y parasitoides asociados, el estudiante deberá trabajar en las relaciones Planta-Lepidoptera-Parasitoide y las identificaciones de las muestras correspondientes y delimitación de especies si es necesario resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y su importancia ecológica o ecosistémica. Con las secuencias genéticas recibidas todos los estudiantes deberán asignar códigos de barras para la identificación de especies. Los estudiantes tendrán acceso a secuencias de ADN de los especímenes seleccionados de Lepidoptera y parasitoides (región COI). Además de las secuencias de plantas hospederas (región ITS). Se plantea inicialmente que un estudiante se enfoque en Lepidoptera nocturna y otro en Lepidoptera diurna, sin embargo las actividades de cría se realizan de manera conjunta.

Número de estudiantes:

Dos (2) estudiantes: ambos estudiantes realizarán trabajo de caracterización y análisis de interacciones planta hospedera-Lepidoptera-parasitoide

Grupos de interés: Lepidóptera

Actividades adicionales del estudiante: Desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA La Guarupaya que utilice los datos recolectados e integre su labor en la identificación taxonómica de especies con morfología de inmaduros y adultos, la información genética resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies (reconocer especies endémicas, protegidas, introducidas, migratorias, plagas forestales, vectores o servicios ecosistémicos); además de registros de historia natural. Proveer material didáctico para biomonitores para cría, identificación y montaje de Lepidoptera y organización de las observaciones y colectas incluyendo potenciales parasitoides y la importancia de las plantas hospederas. Durante la visita inicial deberá participar de la selección de transectos y montaje de cría de mariposas. Participar activamente en la recolección de orugas y muestras de plantas hospederas. Al finalizar deberá asignar códigos de barras ADN, hacer la caracterización de lepidópteros larva y adultos, y presentar los productos esperados comunes a todos las temáticas.

Biomonitores (número total: uno (1))

Actividades del biomonitor: Participación en talleres de capacitación y de socialización. Búsqueda, recolección de orugas en campo y cría. Observación y registro de insectos en cámaras de cría. Toma de fotografías en los diferentes estadios del insecto. Recolección de hojas para alimentación de orugas. Recolección de mariposas en trampas cebadas (mínimo seis (6) meses). Montaje y etiquetado permanente de insectos y material de herbario, preparación de muestras animales y vegetales para secuenciación genética. Identificación de insectos y plantas, fotografiar y registrar insectos y plantas en plataforma digital. Tomar notas en campo. Por ejemplo, observaciones sobre en qué parte de la hoja están las orugas comiendo. ¿En qué parte de la planta están? ¿Cuántos huevos, larvas se observan en el hospedero? Anotaciones sobre coloración de las hojas, coloración de las orugas. Anotaciones sobre cambios en la coloración durante larva, pupa.

3. Caracterización y monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos

El grupo de los macroinvertebrados acuáticos incluye animales no-vertebrados que habitan fuentes hídricas. Estos organismos se pueden utilizar para monitorear cambios en un hábitat y se les

conoce como bioindicadores, por lo que la información obtenida a través del estudio de estos organismos permite conocer el estado ecológico de un sistema y la relación con los disturbios que lo impactan (Everall et al. 2017).

Aunque los macroinvertebrados son considerados como el grupo biótico más estudiado en los ecosistemas lóticos de Colombia, en el departamento del Meta se cuenta aún con poca información en el ámbito taxonómico, ecológico y de bioindicación. Las determinaciones dentro de este grupo biológico suelen realizarse a nivel de familia o género, pues la determinación de especies es aún difícil. Algunos aspectos ecológicos como la dinámica poblacional y las interacciones con otros factores ecosistémicos son aún desconocidos, realizar estudios en este último campo aportaría información útil para establecer lineamientos del uso de macroinvertebrados como indicadores ambientales en los llanos orientales (Moreno Rodríguez Et al. 2017).

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto

1. Realizar la identificación taxonómica y genética de los individuos recolectados
2. Analizar la composición de especies de invertebrados acuáticos en los diferentes microhábitats en la Ecoreserva ASA la Guarupaya respecto a otros ecosistemas de los llanos orientales.
3. Evaluar la respuesta de la comunidad de insectos a las temporadas secas y lluviosas.
4. Analizar el muestreo temporal mensual de la comunidad de macroinvertebrados.

En esta línea se espera llevar a cabo la identificación taxonómica, morfológica y genética de insectos acuáticos recolectados con captura directa y en trampas ubicadas en diferentes microhábitats de la reserva. Se espera hacer recolección de adultos con luz ultravioleta en bandeja con alcohol y/o en una sábana blanca y recolección de inmaduros con redes acuáticas. La identificación se llevará a cabo con apoyo de la región código de barras COI y morfología. Además, los estudiantes deberán medir variables ambientales en los puntos de recolección seleccionados que deben incluir diferentes tipos de sustrato, de corrientes lógicas y lénticas que garantice variación de microhábitats. El estudiante participará en la recolección y separación inicial de muestras en el primer mes, tendrán acceso a todo el material recolectado en la reserva que será

separado con ayuda de los biomonitores. Además, tendrán acceso a secuencias de ADN proveniente de los especímenes recolectados y provenientes de adultos capturados en trampas Malaise (línea 1). Este trabajo busca conectar la identificación de adultos con sus estadios inmaduros a partir de las secuencias de ADN. Los biomonitores continuarán el proceso de recolección de datos en campo y separación del material con soporte de los estudiantes.

Número de estudiantes: un estudiante (1)

Actividades adicionales de los estudiantes: desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA La Guarupaya que utilice los datos recolectados en captura directa/indirecta e integre su labor en la identificación taxonómica de especies con morfología e información genética resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies (reconocer especies endémicas, protegidas, introducidas, bioindicadoras o servicios ecosistémicos). Durante la visita inicial deberá asistir en recolección de insectos adultos e inmaduros, selección de puntos de muestreo y separación de muestras. Al finalizar deberá presentar la caracterización de insectos recolectados en la Ecoreserva y presentar los productos esperados comunes a todos las temáticas.

Biomonitor (número total: uno (1))

Actividades del biomonitor: Participación en talleres de capacitación y de socialización, recolección de muestras de trampas exclusivas de insectos acuáticos y colaboración con biomonitores Malaise para separación de especímenes adultos de interés. Montaje y etiquetado permanente de insectos, preparación de muestras para secuenciación genética. Identificación de insectos, fotografiar y registrar insectos en plataforma digital. Disponer de un canal de comunicación constante con los estudiantes.

4. Caracterización y monitoreo de la fauna edáfica

El suelo es un recurso natural esencial que proporciona servicios ecosistémicos, en los cuales algunos invertebrados están involucrados (Lavelle 2009). La fauna del suelo (también conocida

como fauna edáfica o edafofauna) está constituida por animales de tamaños y estrategias adaptativas diferentes, que cumplen su ciclo vital o parte de él en el suelo. De acuerdo a la talla del animal adulto y su forma de vida, existe una clasificación primaria que divide la fauna edáfica en microfauna, mesofauna y macrofauna (Fragoso et al. 2001). La microfauna contempla organismos acuáticos menores de 0,2 mm de longitud y 0,1 mm de diámetro, que pueden ser hallados en el agua contenida entre las partículas del suelo (nematodos, protozoos y rotíferos). La mesofauna agrupa a individuos microscópicos, de 4 mm de longitud y entre 0,2 a 2 mm de diámetro, que viven en la hojarasca y/o en el interior del suelo (ácaros del suelo, colémbolos, proturos, dipluros, sínfilos y enquitreidos, entre otros). Finalmente, la macrofauna está compuesta por invertebrados que poseen una longitud igual o mayor de 10 mm y un ancho de cuerpo mayor de 2 mm, que vive también dentro del suelo o inmediatamente sobre él (lombrices de tierra, moluscos, cochinillas, milpiés, ciempiés, arácnidos y diversos insectos).

Pese a que la fauna edáfica interviene en numerosos procesos del suelo, tales como descomposición, secuestro de carbono y ciclaje de nutrientes (Liiri et al. 2002), afectando tanto el crecimiento de la vegetación como el mantenimiento de la productividad (Masin et al. 2017), en Colombia son pocos los estudios que se han centrado en caracterizar, monitorear y evaluar la relación de la fauna del suelo con la calidad y salud de los ecosistemas (López Moreno y Pianda-Rodríguez 2018). La caracterización y monitoreo de la fauna edáfica en la Ecoreserva ASA la Guarupaya aportaría información útil sobre el uso de este grupo como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas, así como, para planificar el manejo, restauración y conservación de los biomas presentes en la Ecoreserva.

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto con edafofauna

1. Realizar la identificación taxonómica y genética de los individuos recolectados a partir de muestras del suelo.
3. Analizar el muestreo temporal mensual de la fauna edáfica.
2. Analizar y comparar la diversidad de la fauna edáfica entre los hábitat seleccionados, en función de variables ambientales y uso del suelo.

En esta línea se espera llevar a cabo la identificación taxonómica y molecular de los grupos de invertebrados recolectados en al menos tres puntos de muestreo. La identificación de los invertebrados se realizará basada en los caracteres morfológicos de cada uno de los especímenes y la caracterización genética a través del uso de códigos de barras de ADN, en particular de la región COI (Hebert et al. 2003). El muestreo de comunidades de invertebrados del suelo se realizará empleando parcelas y diferentes métodos de colecta (e.g., cilindros de suelo, palas). El estudiante participará en la recolección y separación inicial de las muestras del primer mes, y tendrá acceso a todo el material recolectado y separado preliminarmente con ayuda del biomonitor. El material será recolectado en alcohol al 96%. Después de la separación inicial por parte del biomonitor se le hará llegar el material al estudiante para el submuestreo del tejido que será enviado a extracción, amplificación y secuenciación de ADN por parte del Instituto Humboldt y para que procedan con la identificación taxonómica, además deberá resaltar los cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y su importancia ecológica o ecosistémica, realizar la preparación del material para depósito en una colección registrada definida al iniciar el proyecto. Las secuencias obtenidas serán analizadas por el estudiante para ser integradas en la determinación taxonómica y la resolución de preguntas del proyecto. El biomonitor realizará el proceso de recolección mensual de datos en campo y separación del material con apoyo constante del estudiante.

Número de estudiantes: un estudiante (1)

Actividades adicionales del estudiante: desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA la Guarupaya que utilice los datos recolectados e integre su labor en la identificación taxonómica de especies con morfología e información genética resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies (reconocer especies bioindicadoras o servicios ecosistémicos). Durante la visita inicial deberá asistir en recolección de invertebrados, selección de puntos de muestreo y separación de muestras. Al finalizar deberá presentar la caracterización de los invertebrados recolectados en la Ecoreserva y presentar los productos esperados comunes a todos las temáticas.

Biomonitor (número total: uno (1))

Actividades del biomonitor: Participación en talleres de capacitación y de socialización, recolección de muestras de suelos. Montaje y etiquetado permanente de los invertebrados, preparación de muestras para secuenciación genética. Identificación de invertebrados, fotografías y registros de insectos en plataformas digitales. Disponer de un canal de comunicación constante con los estudiantes.

5. Caracterización y monitoreo de plántulas y semillas

La regeneración natural puede contribuir de manera importante a los objetivos de restauración de ecosistemas intervenidos (Avella-M et al. 2019). En ese sentido, entender la dinámica en los bosques que se están regenerando es de gran importancia para la gestión integral del paisaje (Norden et al. 2009). Las semillas y las plántulas juegan un papel clave pues es durante estos estadios tempranos donde se define la presencia y abundancia de las especies que pueden llegar a ser adultos en el futuro (Norden et al. 2009). De esta manera, estudiar la regeneración natural es una herramienta clave, pues el permitir inferir la composición futura de los bosques da insumos fundamentales para fortalecer los planes de restauración y manejo de los bosques (Londoño Lemos y Torres, 2015). Específicamente, conocer cuáles son las especies que tienen la capacidad de regenerarse luego de un disturbio y evaluar aquellas con potencial de invasión, que limitan la regeneración y adaptación de las especies nativas, es una información clave para la selección de especies en los procesos de restauración.

En ese contexto, es clave realizar la caracterización y monitoreo de las semillas y plántulas presentes en el sotobosque con el fin de entender la dinámica y evaluar tasas de germinación y establecimiento. En particular, este estudio aportaría información sobre la trayectoria sucesional de los bosques en la Ecoreserva ASA, así como información genética de varias especies de plantas vasculares recolectadas durante un inventario botánico realizado en el 2021, el cual reveló la presencia de 148 especies de plantas vasculares. Estas especies cuentan con identificación taxonómica morfológica y se propone realizar una caracterización genética con código de barras ADN.

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto Caracterización y monitoreo de plántulas

1. Realizar una caracterización genética de las plantas vasculares de la Ecoreserva.
2. Caracterizar las comunidades de plántulas y semillas en al menos dos tipos de coberturas.
3. Comparar los cambios en el sotobosque a lo largo de un año en al menos dos tipos de coberturas
4. Evaluar el potencial de regeneración en la ecoreserva.

En esta línea se espera llevar a cabo la identificación taxonómica y molecular de las especies plántulas y semillas recolectadas en al menos dos tipos de coberturas. La identificación de los especímenes se realizará principalmente con base en la caracterización genética a través del uso de códigos de barras de ADN, en particular de la región ITS, y con base a caracteres morfológicos cuando sea posible. El muestreo de comunidades se realizará empleando parcelas de 1x1 m y mallas de semillas en cada tipo de cobertura. Algunos de los datos recolectados serán muestras de tejido, abundancia, mortalidad y crecimiento (número de hojas, altura en centímetros y diámetro del pseudotallo en milímetros, entre otros). El estudiante participará en la recolección y separación inicial de las muestras del primer mes, y tendrá acceso a todo el material y datos recolectados preliminarmente con ayuda del biomonitor, además deberá realizar la preparación del material para depósito en una colección registrada definida al iniciar el proyecto, así como el submuestreo de tejido para extracción, amplificación y secuenciación de ADN. Las secuencias obtenidas serán analizadas por el estudiante para ser integradas en la determinación taxonómica y la resolución de preguntas del proyecto. El biomonitor realizará el proceso de recolección mensual de datos en campo y separación del material con apoyo constante del estudiante.

Número de estudiantes: un estudiante (1)

Actividades adicionales del estudiante: desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA la Guarupaya que utilice los datos recolectados e integre su labor en la identificación taxonómica de especies con morfología e información genética resaltando cambios en el tiempo y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies (reconocer especies importantes en la

regeneración de bosque o servicios ecosistémicos asociados). Durante la visita inicial deberá asistir en recolección de semillas, selección de puntos de muestreo y establecimiento de parcelas de monitoreo. Al finalizar deberá presentar la caracterización de los plantulas y semillas recolectados en la Ecoreserva y presentar los productos esperados comunes a todos las temáticas.

Biomonitor (número total: uno (1))

Actividades del biomonitor: participación en talleres de capacitación y de socialización, recolección de semillas y monitoreo de plántulas. Montaje y etiquetado permanente de las muestras colectadas, preparación de muestras para secuenciación genética. Identificación de plantas, fotografías y registros de individuos en plataformas digitales. Disponer de un canal de comunicación constante con los estudiantes.

6. Métodos pasivos para el monitoreo de la biodiversidad

El monitoreo pasivo de la biodiversidad a través de cámaras trampa y grabadoras de sonido, permiten el registro de comunidades de fauna de difícil avistamiento, así como el registro de grandes cantidades de información, continua y simultánea, que reflejan la dinámica de las comunidades dentro del paisaje permitiendo caracterizar la biodiversidad presente en un lugar determinado. En particular, las cámaras trampa se han vuelto una metodología cada vez más conocida y utilizada por quienes realizan monitoreos de fauna (Meek et al. 2014, Rovero et al. 2016). Estas pueden ser utilizadas para conocer la presencia u ocurrencia de una especie en un área determinada, estimar parámetros poblacionales como abundancia y densidad, conocer patrones de actividad diaria, estacional o anual de animales, e incluso han demostrado ser una herramienta útil para difusión de conocimiento a partir del material generado (Jackson et al. 2006, McCallum 2013). Las grabadoras de sonido, por su parte, permiten realizar el monitoreo acústico de comunidades de fauna vocalmente activa, muchas veces de difícil avistamiento, permitiendo una evaluación multi taxonómica rápida y una valoración de la integridad ecosistémica al capturar información sobre la composición, estructura y abundancia de fauna o variables de paisaje (Rodríguez-Buriticá et al. 2016).

A pesar del gran potencial de estos métodos en el monitoreo y la caracterización de la fauna silvestre, así como en la valoración ecosistémica de un determinado lugar, en Colombia son pocos los estudios que emplean este tipo de metodologías. La caracterización y monitoreo de la fauna vocalmente activa y vertebrados arbóreos en la Ecoreserva ASA la Guarupaya aportaría información útil sobre la diversidad, sus dinámicas poblacionales, así como sobre la huella acústica de la ecoreserva, entre otras.

Objetivos específicos a desarrollar en el transcurso del proyecto con métodos pasivos para el monitoreo de la biodiversidad

1. Realizar la identificación taxonómica de los individuos registrados por cámaras trampa.
2. Analizar el muestreo temporal de vertebrados arbóreos en función de algunas temporadas del año.
3. Identificar la huella acústica de la ecoreserva en al menos dos tipos de cobertura.
4. Comparar la diversidad entre los hábitat seleccionados en función del uso del suelo y exposición a perturbaciones antropogénicas.

Para el monitoreo de las comunidades de fauna vocalmente activa y vertebrados arbóreos se registrará la presencia de las especies a través de dos métodos pasivos: cámaras trampa y grabadores de sonido. Específicamente, para el registro y monitoreo de vertebrados arbóreos se instalarán cámaras trampa en el dosel de los Bosques de galería de al menos dos cuerpos de agua que atraviesan la Ecoreserva ASA. Para el monitoreo de fauna vocalmente activa (e.g., insectos, anfibios, aves, mamíferos) se instalarán grabadores de sonido en los bosques de galería de al menos dos cuerpos de agua, así como en zonas de cultivos. El estudiante participará en la recolección y selección inicial de los registros del primer mes, y tendrá acceso a todo el material recolectado y seleccionado preliminarmente por el biomonitor. Después de la selección inicial por parte del biomonitor se le hará llegar el material al estudiante para su identificación y análisis. El estudiante deberá realizar la preparación del material para depósito en una colección registrada definida al iniciar el proyecto. El biomonitor realizará el proceso de recolección mensual de datos en campo y selección del material con apoyo constante del estudiante.

Número de estudiantes: un estudiante (1)

Actividades adicionales del estudiante: desarrollar un proyecto de investigación en la Ecoreserva ASA la Guarupaya que utilice los datos recolectados e integre su labor en la identificación taxonómica de especies resaltando cambios en el tiempo (monitoreo mensual) y la importancia ecológica o ecosistémica de las especies. Durante la visita inicial deberá asistir en la selección de puntos de muestreo y establecimiento de las cámaras trampa y grabadoras. Al finalizar deberá presentar la identificación taxonómica de los individuos registrados, así como la identificación de la huella acústica en los sitios de muestreo, y presentar los productos esperados comunes a todas las temáticas.

Biomonitor (número total: uno (1))

Actividades del biomonitor: participación en talleres de capacitación y de socialización, recolección de los datos, y selección preliminar de las imágenes. Disponer de un canal de comunicación constante con los estudiantes.

Literatura citada

Achury, R., Chacón de Ulloa, P., Arcila, Á. and Suarez, A.V. 2020. Habitat disturbance modifies dominance, coexistence, and competitive interactions in tropical ant communities. *Ecological Entomology*. DOI: 10.1111/een.12908

Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E. and Schultz, T.R., 2000. *Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, Washington DC.

Arias-Penna, D.C., Whitfield, J.B., Janzen, D.H., Hallwachs, W., Dyer, L.A., Smith, M.A., Hebert, P.D. and Fernández-Triana, J.L. 2019. A species-level taxonomic review and host associations of *Glyptapanteles* (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) with an emphasis on 136 new reared species from Costa Rica and Ecuador. *ZooKeys*, 890, 1-685. DOI: 10.3897/zookeys.890.35786

Avella-M. A, García-G. N, Fajardo-Gutiérrez F, González-Melo A. 2019. Patrones de sucesión secundaria en un bosque seco tropical interandino de Colombia implicaciones para la restauración ecológica. *Caldasia* 41(1)12–27.

Ben-David, M. and Flaherty, E.A. 2012. Stable isotopes in mammalian research: a beginner's guide. *Journal of mammalogy*, 93(2), 312-328. DOI: 10.1644/11-MAMM-S-166.1

Bello JC, Báez M, Gómez MF, Orrego O, Nagele L. 2014. Biodiversidad 2014: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Primera Edición. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Bohmann, K., Monadjem, A., Noer, C.L., Rasmussen, M., Zeale, M.R., Clare, E., Jones, G., Willerslev, E. and Gilbert, M.T.P. 2011. Molecular diet analysis of two African free-tailed bats (Molossidae) using high throughput sequencing. *PloS one*, 6(6), 1-11.

Castillo, R., Cabrera, D., & Lombana, E. (2011). Caracterización preliminar de la Lepidoptero fauna (Insecta: Ropalocera) presente en la reserva privada: refugio del oso de anteojos (Calvario–Meta), Colombia. *Cultura Científica*, (9), 28-35.

Dulla, E.L., Kathera, C., Gurijala, H.K., Mallakuntla, T.R., Srinivasan, P., Prasad, V., Mopati, R.D. and Jasti, P.K. 2016. Highlights of DNA Barcoding in identification of salient microorganisms like fungi. *Journal de mycologie medicale*, 26(4), 291-297.

Echeverry-Hernández, S., and Méndez-Puentes, C.A. 2017. Estudio exploratorio de la microbiota edáfica en el Centro de Investigación y Educación Ambiental La Tribuna, Neiva-Huila. *Ingeniería y Región*, 18, 53-64.

Fragoso, C., P. Reyes-Castillo y P. Rojas. 2001. La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) Número especial 1: 1-1

Fraija Fernandez, N., & Fajardo Medina, G. E. (2006). CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA DEL ORDEN Lepidoptera (Rhopalocera) EN CINCO DIFERENTES LOCALIDADES DE LOS LLANOS ORIENTALES COLOMBIANO. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 55-68.

Fernandez, F., Flórez, R.J.G. and Delsinne, T. 2019. Hormigas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

French-Constant, R.H. ed. 2018. Butterfly Wing Patterns and Mimicry. Academic Press.

Gómez, N. A. F., & Griswold, T. (2020). A new bee species of the subgenus *Ceratina* (*Rhysoceratina*)(Hymenoptera: Apidae) from northernmost South America. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(2), 24.

Guevara, J., Cardona, A., & Pinto, I. (2008). Ciclo de vida de *Euschistus rufimanus* (Stall) (Hemiptera : Pentatomidae) plaga del maíz en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 56-60.

Hansson, C., Smith, M.A., Janzen, D.H. and Hallwachs, W. 2015. Integrative taxonomy of New World *Euplectrus* Westwood (Hymenoptera, Eulophidae), with focus on 55 new species from Area de Conservación Guanacaste, northwestern Costa Rica. *ZooKeys*, 485, 1-236. DOI: 10.3897/zookeys.458.9124

Janzen, D.H., Hallwachs, W., Harvey, D.J., Darrow, K., Rougerie, R., Hajibabaei, M., Smith, M.A., Bertrand, C., Gamboa, I.C., Espinoza, B. and Sullivan, J.B. 2012. What happens to the traditional taxonomy when a well-known tropical saturniid moth fauna is DNA barcoded?. *Invertebrate Systematics*, 26(6), 478-505.

Janzen, D.H., Burns, J.M., Cong, Q., Hallwachs, W., Dapkey, T., Manjunath, R., Hajibabaei, M., Hebert, P.D. and Grishin, N.V. 2017. Nuclear genomes distinguish cryptic species suggested by their DNA barcodes and ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(31), 8313-8318.

Ladino, N., Jiménez, E., & Yara, C. (2018). Hormigas poneroides y ectatomminas (Hymenoptera: Formicidae) en fragmentos boscosos del piedemonte llanero y altillanura del Meta, Colombia. *Caldasia*, 40(2), 310-320.

Lavelle, P., B. Senapati y E. Barros. 2003. Soil Macrofauna. En: *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods* (G. Schroth y F.L. Sinclair, Eds.). CABF Publishing. UK. 303-323 pp.

LIIRI, M.; SETÄLÄ, H.; PENNANEN, T.; FRITZE, H. 2002. Relationship between soil microarthropod species diversity and plant growth does not change when the system is disturbed. *Oikos* 96: 137-149.

Masin, C.E., Cruz, M.S., Rodríguez, A.R., Demonte, M.J., Vuizot, L.A., Maitre, M.I., Godoy, J.L. y Almada, M.S. 2017. Macrofauna edáfica asociada a diferentes ambientes de un vivero forestal (Santa Fe, Argentina). *Ci. Suelo (Argentina)* 35(1): 21-33.

Meek, P., P. Fleming, G. Ballard, P. Banks, A. Claridge, J. Sanderson & D. Swann. 2014. *Camera trapping: Wildlife Management and research*. Csiro Publishing. 392 pp.

Medina CA, Fernández F, Andrade-C MG. 2010. Insectos: escarabajos coprófagos, hormigas y mariposas. En: Lasso CA, Usma JS, Trujillo F, Rial A, editores. *Biodiversidad de la cuenca del*

Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). p. 197–215.

McCallum, J. 2013. Changing use of camera traps in mammalian field research: habitats, taxa and study types. *Mammal Rev.* 43, 196-206

Morales-Castaño IT, Medina CA. 2009. Insectos de la Orinoquia colombiana: evaluación a partir de la Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). *Biota Colombiana* 10(1-2):31–53.

Morales, R. M. C., Morantes, M. I. L., & Blanco, J. C. O. (2011). Diversidad preliminar de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae), atraídos por excremento humano en el Calvario, Meta. *Conexión Agropecuaria JDC*, 1(1), 15-33.

Michael J Skvarla, Jonathan L Larson, J Ray Fisher, Ashley P G Dowling, A Review of Terrestrial and Canopy Malaise Traps, *Annals of the Entomological Society of America*, Volume 114, Issue 1, January 2021, Pages 27–47, <https://doi.org/10.1093/aesa/saaa044>

Mora, L. S., Calvache, H. H., Alvañil, F., Torres, J. A., Verdugo, A., & Luna, J. E. (1997). La mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (L.)(Diptera: Muscidae), en palma de aceite. *Revista Palmas*, 18(3), 31-42.

Morillo, F., Salazar, C., Tupaz, A., & Oliveros, M. (2012). Reconocimiento de insectos posiblemente asociados a la Palma de Aceite (*Elaeis guineensis*) con presencia de marchitez letal. *Revista de ciencias agrícolas*, 29 (1): 42-56

Nates-Parra, G., Palacios, E., & Parra, A. (2008). Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae) en Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1295-1308.

Norden N, Chazdon RL, Chao A, Jiang YH, Vélchez-Alvarado B. 2009. Resilience of tropical rain forests: Tree community reassembly in secondary forests. *Ecol. Lett.* 12(5):385–394. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01292.x>

Nates-Parra, G., & Rodríguez, Á. (2011). Forrajeo en colonias de *Melipona eburnea* (Hymenoptera: Apidae) en el piedemonte llanero (Meta, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1), 121-127.

Noriega, J. A., Realpe, E., & Fagua, G. (2007). Diversidad de escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque de galería con tres estadios de alteración. *Universitas Scientiarum*, 12(1), 51-63.

Pompanon, F., Deagle, B.E., Symondson, W.O., Brown, D.S., Jarman, S.N. and Taberlet, P. 2012. Who is eating what: diet assessment using next generation sequencing. *Molecular ecology*, 21(8), 1931-1950. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2011.05403.x

Ramírez, F., Calvache, H. H., & Mora, L. S. (2000). Comportamiento de las poblaciones de *Rhynchophorus palmarum* L. y *Metamasius hemipterus* (L.)(coleóptera Curculionidae) en una plantación de palma de aceite. *Revista Palmas*, 21(1), 9-18.

Rodríguez-Buriticá, S., Savage, D., Caycedo, P., Acevedo-Charry, O. 2016. Paisajes sonoros de Colombia: La otra dimensión de la biodiversidad. Libro: Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Publisher: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Robinson, G.E., Hackett, K.J., Purcell-Miramontes, M., Brown, S.J., Evans, J.D., Goldsmith, M.R., Lawson, D., Okamuro, J., Robertson, H.M. and Schneider, D.J. 2011. Creating a buzz about insect genomes. *Science*, 331(6023), 1386.

Rovero, F. & F. Zimmermann. 2016. Camera trapping for Wildlife Research. Pelagis Publishing. 320 pp.

Sanchez-Azofeifa, A., Kalacska, M.R., Quesada, M., Stoner, K.E., Lobo, J.A. and Arroyo-Mora, P. 2013. Tropical Dry Climates. En Schwartz, M.D (Ed), *Phenology: An Integrative Environmental Science* (pp. 157-171). Springer Dordrecht Heidelberg New York London.

Smith, M.A., Fisher, B.L. and Hebert, P.D. 2005. DNA barcoding for effective biodiversity assessment of a hyperdiverse arthropod group: the ants of Madagascar. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1825-1834. DOI: 10.1098/rstb.2005.1714

Smith, M.A., Woodley, N.E., Janzen, D.H., Hallwachs, W. and Hebert, P.D. 2006. DNA barcodes reveal cryptic host-specificity within the presumed polyphagous members of a genus of parasitoid flies (Diptera: Tachinidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(10), 3657-3662.

Smith, M.A., Wood, D.M., Janzen, D.H., Hallwachs, W. and Hebert, P.D. 2007. DNA barcodes affirm that 16 species of apparently generalist tropical parasitoid flies (Diptera, Tachinidae) are not all generalists. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(12), 4967-4972.

Smith, M.A., Hallwachs, W. and Janzen, D.H. 2014. Diversity and phylogenetic community structure of ants along a Costa Rican elevational gradient. *Ecography*, 37(8), 720-731. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2013.00631.x

Soininen, E.M., Ehrich, D., Lecomte, N., Yoccoz, N.G., Tarroux, A., Berteaux, D., Gauthier, G., Gielly, L., Brochmann, C., Gussarova, G. and Rolf A.I. 2014. Sources of variation in small rodent trophic niche: new insights from DNA metabarcoding and stable isotope analysis, *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50(3), 361-381. DOI: 10.1080/10256016.2014.915824

Taberlet, P., Coissac, E., Hajibabaei, M. and Rieseberg, L.H. 2012. Environmental DNA. *Molecular ecology*, 21(8), 1789-1793. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2012.05542.x

Villareal H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. and Umaña, A.M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición. Bogotá, Colombia. 236 p.

Wahlberg, N., Wheat, C.W. and Peña, C. 2013. Timing and patterns in the taxonomic diversification of Lepidoptera (butterflies and moths). *PLOS one*, 8(11), e80875. DOI: 10.1371/journal.pone.0080875

Wilson, E.O. 1999. *The diversity of life*. WW Norton and Company.

Zamora, H. (2015). Macroinvertebrados acuáticos registrados durante la época de lluvias en tres ríos del Piedemonte Llanero de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7 (2): 139-147.

Links de interés

BioAlfa: <https://www.acguanacaste.ac.cr/bioalfa>

Website Daniel Janzen: <http://janzen.sas.upenn.edu>

Ecopetrol La Tribuna: <https://nuevoportal.ecopetrol.com.co/latribuna/>

BOLD Systems: <https://www.boldsystems.org/>

Manual BOLD / Barcode of Life Data Systems Handbook:

http://www.barcodinglife.org/libhtml_v3/static/BOLD4_Documentation_Draft1.pdf

iBOL: <https://ibol.org/>

VI Simposio en códigos de barras ADN: <https://www.youtube.com/watch?v=KdKltm4SXsk>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt:

<http://www.humboldt.org.co>