

LA FAMILIA ELMIDAE DE LA COLECCIÓN DE INSECTOS ACUÁTICOS (CIA-UPN) DE
LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL: UNA REVISIÓN DE ASPECTOS
TAXONÓMICOS Y ECOLÓGICOS PARA LA DIVULGACIÓN A TRAVÉS DE UN
RECURSO EDUCATIVO DIGITAL.

DIANA MARCELA QUINTERO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.

2021

LA FAMILIA ELMIDAE DE LA COLECCIÓN DE INSECTOS ACUÁTICOS (CIA-UPN) DE
LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL: UNA REVISIÓN DE ASPECTOS
TAXONÓMICOS Y ECOLÓGICOS PARA LA DIVULGACIÓN A TRAVÉS DE UN
RECURSO EDUCATIVO DIGITAL.

DIANA MARCELA QUINTERO RAMÍREZ

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciada en Biología

GRUPO DE INVESTIGACIÓN CASACADA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN S.A.R.A: Biodiversidad y Conservación de los Sistemas
Acuáticos de la Región Andina

Director
FRANCISCO ALBERTO MEDELLÍN CADENA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado No. 1

Jurado No. 2

Bogotá, D.C.

DEDICATORIA

A los escarabajos, que aunque nunca sabrán de mi existencia me salvaron de la tristeza y los sinsabores de la vida. Me enseñaron que también se encuentra el amor y admiración en otras formas, colores y texturas... Porque espero poder dedicar mi vida a estudiar y conocer su enorme diversidad.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Adriana Ramírez y Hernán Quintero por apoyarme y permitirme culminar mis estudios, gracias a los dos por creer en mi cuando todo parecía perdido.

A mis hermanos Sofía, Angélica y Juan Diego, por acompañarme en el camino, porque a pesar de las diferencias y distancias siempre estaremos unidos y nos apoyaremos el uno al otro.

Al Amor, a mi compañera de vida, quien me ha brindado mucho amor y felicidad, regalándome los mejores años de mi vida, a ella que siempre ha estado a mi lado, gracias por estar y resistir a mi lado.

A Marley, Luna y Tony, que me han dado tanto amor incondicional y me han acompañado en todo momento, porque han hecho mi vida muy feliz y a veces un poco difícil, pero siempre más interesante.

A Francisco Medellín porque gracias a él nació mi interés por los insectos y la limnología, gracias por la paciencia y por la confianza depositada, porque sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible... Siempre lo recordaré con gran cariño y admiración.

A Ibeth Delgadillo por sus consejos y apoyo en momentos difíciles, por ser una increíble maestra y persona.

A la Universidad Pedagógica Nacional, por ser mi segundo hogar, porque cambió mi vida y me permitió construirme y descubrirme como persona y profesional, porque viví experiencias maravillosas y sobre todo porque fui muy feliz.

Al Departamento de Biología, porque conocí maestros increíbles y aprendí lo bonito de la docencia.

Al “parche”, al grupo de investigación CASCADA, porque tuve la fortuna de compartir con maestros y personas maravillosas, gracias por la confianza depositada y brindarme la oportunidad de estar en los lugares que cambiarían mi vida.

A todas las personas, compañeros y colegas que se han cruzado por mi camino, los llevaré siempre en mi corazón.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
2. Planteamiento del Problema	4
3. Justificación	9
4. Objetivos	14
4.1. Objetivo General	14
4.2. Objetivos Específicos.....	14
5. Antecedentes	15
5.1. Investigaciones sobre Coleópteros Acuáticos	15
5.2. Investigaciones en la Universidad Pedagógica Nacional sobre Coleópteros Acuáticos	20
5.3 Investigaciones sobre la familia Elmidae en Colombia	22
6. Marco Teórico.....	29
6.1. Orden Coleoptera	29
6.2. Coleópteros acuáticos.....	30
6.3. Ecología.....	32
6.4. Clasificación Familia Elmidae	34
6.5. Hábitos Ecológicos de Elmidae.....	34
6.5.1. Hábitat	34
6.5.2. Hábitos Alimenticios	35
6.5.3. Reproducción.....	35
6.6. Características Generales y Variación Morfológica.....	36
6.6.1. Subfamilia Elminae	37
6.6.2. Subfamilia Larainae.....	37
6.7. Colecciones biológicas.....	38
6.7.1. Funciones de las colecciones biológicas	39
6.7.2. Las colecciones como estrategias didácticas	40

6.8. Páginas web educativas	41
7. Metodología	44
7.1. Primera fase.....	44
7.2. Segunda fase.....	45
7.3. Tercera fase	46
8. Resultados y Análisis.....	48
8.1. Distribución por microhábitat	51
8.2. Distribución altitudinal.....	54
8.3. Físicoquímica del agua.....	56
8.4 Géneros presentes en la CIA-UPN.....	60
8.5. Recurso educativo digital	62
9. Conclusiones	65
10. Recomendaciones	70
11. Referencias.....	71
12. Anexos	81
Anexo 1. Matriz de datos de colecta de la familia Elmidae	81
Anexo 2. Matriz de físicoquímicos extraídos de trabajos de grado del grupo CASCADA que registraron Elmidae	85
Anexo 3. Géneros presentes en la CIA-UPN	87
Anexo 4. Esquema del sitio o página web	90

Lista de Figuras

Figura 1. Representatividad de familias del orden coleóptera	49
Figura 2. Porcentaje de representatividad por departamento de la	51
Figura 3 distribución por microhábitat o coriotopo de la familia elmidae de la cia-upn.....	53
Figura 4. Registro altitudinal de la familia elmidae por departamento.....	55
Figura 5. Porcentaje de individuos en diferentes rangos de altura	55

Lista de Tablas

Tabla 1. Especies de la CIA-UPN reportadas en la investigación de González-Córdoba, et al.

(2016A)..... 61

Lista de Anexos

Anexo 1. Matriz de datos de colecta de la familia Elmidae	81
Anexo 2. Matriz de fisicoquímicos	85
Anexo 3. Géneros presentes en la CIA-UPN	87
Anexo 4. Esquema del sitio o página web	90

1. Introducción

El Orden Coleóptera, cuenta con aproximadamente 400.000 especies descritas en el mundo (Jäch y Balke, 2008) y constituye el grupo más diverso entre los insectos. Los escarabajos son organismos extremadamente diversos, tanto en tamaño, forma y estrategias ecológicas (Balke, Jäch, y Hendrich, 2004) por lo que han colonizado todo tipo de ambientes y nichos ecológicos incluyendo sistemas dulceacuícolas lóticos y lénticos, además, son organismos de gran importancia para la evaluación ecológica de diferentes cuerpos de agua y su estado de conservación (Laython, 2017). No obstante, de las 30 familias de coleópteros acuáticos que existen en el mundo (Short, 2018) se conoce relativamente bien los adultos de grupos como Hydradephaga, Hydrophiloidea y Elmidae, en comparación de las larvas las cuales son aún desconocidas; por otro lado, el conocimiento de familias como Limnichidae, Scirtidae, Ptilodactylidae, etc., es muy pobre (Archangelsky, Manzo, Michat y Torres, 2009) por lo que se desconoce en gran parte su biología y las interacciones a nivel ecológico de estas familias con su hábitat y otros organismos.

En ese sentido, las colecciones biológicas al ser repositorios y archivos históricos de la vida pasada y presente del planeta (Simmons y Muñoz-Saba, 2005) constituyen lugares fundamentales para la descripción e incremento del conocimiento a nivel taxonómico, ecológico, geográfico, molecular, entre otros, de los organismos, en este caso particular de los coleópteros acuáticos siendo necesario y urgente continuar adelantando investigaciones en cualquiera de las familias taxonómicas hasta ahora reconocidas, en tanto, el trabajo con el material biológico y los datos asociados a los especímenes arrojan información fundamental para determinar el impacto que tienen problemáticas ambientales como el cambio climático, la destrucción y reducción de hábitats naturales. Además, las tasas de extinción y la rapidez con la que muchas especies están entrando a las listas rojas es alarmante por lo que es necesario crear e implementar estrategias encaminadas

a la conservación de los ecosistemas, siendo la divulgación y la educación en espacios formales y no formales fundamentales para que más personas reconozcan la biodiversidad de su territorio y las implicaciones que conlleva perderla.

De acuerdo con lo anterior, la Colección de Insectos Acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional (en adelante CIA-UPN) se consolida como un lugar que desde su creación ha contribuido en el estudio de los ecosistemas acuáticos y en la descripción de macroinvertebrados colectados principalmente en la región Andina, al mismo tiempo, es un lugar en el que se han desarrollado múltiples estrategias y material educativo que posibilita la enseñanza-aprendizaje de diversas temáticas de la biología, lo cual pone en evidencia el potencial pedagógico de las colecciones biológicas y su plasticidad, en tanto es posible articular la educación formal y no formal. De igual manera, la CIA-UPN brinda la oportunidad para que los maestros en formación de biología a través de los voluntariados y pasantías incrementen sus habilidades científicas, a través de la curaduría, observación e identificación del material biológico contenido y contribuyan así a la generación de conocimiento científico en los principales órdenes de macroinvertebrados, asimismo propicia la identificación de problemas en investigación que se materializan y derivan en trabajos de pregrado, proyectos de práctica pedagógica y didáctica y otras actividades como talleres, laboratorios, entre otros que son implementados por parte del grupo de investigación CASCADA y el semillero de investigación ECO como una forma de acercar a más estudiantes a que se interesen por la limnología y la ecología.

Por lo tanto, dado el desconocimiento que se tiene sobre las diferentes familias de coleópteros acuáticos en el mundo y en Colombia y al acervo de información contenido en la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN) y que a su vez es poco utilizado, surge este trabajo de investigación el cual recopila a través de la curaduría, organización y revisión de bases de datos

generadas a partir de diferentes trabajos de pregrado, información relacionada con los especímenes entre larvas y adultos de la familia Elmidae y que reposan en la CIA-UPN, además, se realizó un análisis descriptivo de los datos de colecta y fisicoquímicos, lo cual permitió establecer y corroborar las relaciones a nivel ecológico de la familia con su hábitat a partir de la literatura disponible. En consecuencia, esta investigación se configura como un aporte el cual, a partir de la divulgación del estado del conocimiento de la familia Elmidae en Colombia, pretende por un lado, dar a conocer este grupo de insectos y su importancia en los ecosistemas acuáticos y además, destacar el valor que tiene la CIA-UPN como un lugar que contiene parte del patrimonio natural del país y que a través de las investigaciones y de los procesos de curaduría es posible conocer sobre un grupo taxonómico en particular.

2. Planteamiento del Problema

Con alrededor de 13.000 especies descritas, los escarabajos acuáticos representan uno de los grupos más abundantes de macroinvertebrados en todo el mundo. En la región neotropical la fauna de coleópteros acuáticos es la más diversa en especies (Jäch & Balke, 2008) y probablemente la menos descrita (Short, 2018). De acuerdo con Archangelsky, Manzo, Michat y Torres (2009) el conocimiento de los estados inmaduros es extremadamente pobre, lo cual implica una falta de claves taxonómicas para la identificación de larvas de la mayoría de las familias. Uno de los trabajos ampliamente utilizado para la identificación de escarabajos acuáticos neotropicales hasta el nivel de género es el de Archangelsky et al., (2009) no obstante, dicho texto presenta claves incompletas pues los autores describen las familias que consideran más importantes, además que la mayoría requieren ser revisadas debido a que en la región neotropical aparecen constantemente nuevos taxa, por lo tanto, para la identificación de escarabajos acuáticos ya sea en estado larval o adulto, es necesario consultar libros y artículos correspondientes a la fauna de otros países. Por otro lado, Laython (2017) aporta al entendimiento de la taxonomía y distribución de las familias y géneros en Colombia, sin embargo, no provee identificaciones para las especies (Girón, 2018), lo cual refleja la falta de trabajos bibliográficos que recopilen y permitan conocer aspectos taxonómicos y ecológicos a nivel de género y especie de las familias de coleópteros acuáticos en Colombia. En ese sentido, es inminente continuar adelantando investigaciones dentro de las colecciones biológicas que permitan caracterizar, conocer e inventariar la coleóptero fauna acuática, debido no solo al desconocimiento en torno al grupo, sino, por el alto nivel de interacciones biológicas que poseen, tipos de hábitat que se presentan, diversidad de grupos funcionales, gremios tróficos y hábitos alimenticios (Laython, 2017) y así establecer acciones enfocadas a la conservación tanto de estos organismos como de los ecosistemas acuáticos del país.

El conocimiento sobre taxonomía y distribución geográfica de los escarabajos acuáticos en Colombia es aún incipiente, las familias Elmidae e Hydrophilidae, son las mejor estudiadas en el país (véase los trabajos de González-Córdoba, et al, 2015; 2016a; 2016b; 2019; 2020a; 2020b; Girón, 2018; 2020 y González-Rodríguez, García-Hernández y Clarkson, 2017) seguido de Dytiscidae de la cual se conoce de manera parcial algunos aspectos de su taxonomía, biología y ecología, gracias a los trabajos para Colombia de Soundermann (2017); Laython (2017); Suárez, Hendrich, García, Ospina, Prieto y Balke, (2019).

Es así, que las colecciones biológicas toman especial relevancia, pues al ser repositorios de la diversidad biológica de un país o sector del mismo, son fuente de información y datos fundamentales para el conocimiento de la fauna y flora del país, por lo tanto, dentro de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN) de la Universidad Pedagógica Nacional, en la que a través de las diferentes colectas las cuales hacen parte de las prácticas de campo que se realizan dentro del programa de formación de Licenciatura en Biología, se encuentran distintos órdenes de macroinvertebrados (en su gran mayoría de insectos acuáticos) de distintas regiones del país, lo cual incrementa el acervo de metadatos de estos organismos y que están parcialmente sistematizados en una base de datos en Excel y que puede ser aplicada a la extensión Darwin Core, de manera que es necesario continuar con la realización de investigaciones que propendan por la consolidación de una base de datos que contribuya con el conocimiento taxonómico y ecológico de las familias y géneros contenidos en la CIA-UPN, pues de acuerdo con Simmons y Muñoz (2005) “El uso incorrecto de las colecciones y la información asociada produce deterioro, es decir disminuye la ‘vida útil’ de los ejemplares; no obstante las colecciones sin usar son inútiles”, por tal razón, la curaduría tanto de los especímenes como el análisis de los datos asociados a cada uno de los ejemplares, es una actividad fundamental, para el desarrollo de propuestas enfocadas en

diversos campos de la biología como por ejemplo la taxonomía, sin perder de vista la enseñanza y conservación de la biodiversidad, de manera que los esfuerzos de sistematización se vean materializados en portales como el Sistema de Información de Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia) y en recursos o material didáctico que puedan ser aplicados bien sea en un aula de clase o en espacios educativos no convencionales.

Ahora bien, las investigaciones relacionadas con coleópteros acuáticos dentro de la Licenciatura en Biología incluyen, por un lado, el trabajo de Arias (2012) en el cual realiza la estructuración y validación de una base de datos para los órdenes Trichoptera y Coleoptera. Posteriormente, Ramírez (2014) construye una cartilla clave taxonómica para la identificación de los órdenes Trichoptera y Coleoptera a través de fotografías. Dichos trabajos si bien aportaron a la sistematización de los datos contenidos en la CIA-UPN se evidencia que en ambas investigaciones se presenta más información del orden Trichoptera, en tanto ha sido el grupo de mayor interés para los investigadores que han realizado estudios en la colección desde su fundación con la profesora María Eugenia Rincón. En consecuencia, pese a que la CIA-UPN cuenta con una cantidad importante de escarabajos acuáticos entre adultos y larvas es uno de los grupos menos trabajados pues la gran mayoría de organismos de este grupo tiene una clasificación taxonómica incorrecta o ausente a nivel genérico, esto obedece a lo que plantea Laython (2017) con relación a que “la diversidad de coleópteros en colección generalmente es subvalorada, debido a la presencia de otros grupos donde la taxonomía está más avanzada (ej. Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera)”, en ese sentido, es necesario una vez más aumentar las investigaciones en la CIA-UPN con relación a la taxonomía y ecología de los escarabajos acuáticos, pues una correcta identificación de estos organismos permite establecer relaciones a nivel ecológico además de conocer el estado de conservación de los cuerpos de agua de los cuales fueron colectados, entre otros aspectos y así

contribuir en la organización, sistematización y actualización de la base de datos, junto con el análisis de los datos de colecta y la información tomada en campo relacionada con variables ambientales y parámetros fisicoquímicos, los cuales son fundamentales en el momento de realizar análisis de tipo ecológico.

De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de contribuir con el conocimiento taxonómico y ecológico de los coleópteros acuáticos desde procesos de curaduría de datos y de los especímenes contenidos en la CIA-UPN, partiendo específicamente por la familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) escarabajos de amplia distribución mundial, gran abundancia y riqueza de especies, estos organismos se alimentan de algas, detritos y material orgánico vegetal, por lo que cumplen importantes funciones en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos (González-Córdoba, Zúñiga y Manzo, 2020b). Además, tanto las larvas como la mayoría de los adultos son acuáticos, habitando ambientes lóticos con altos niveles de oxígeno disuelto, razón por lo cual son utilizados como indicadores de la calidad del agua (González-Córdoba, et al., 2020b).

Si bien, Elmidae constituye una de las familias mejor estudiadas en el país, aún quedan vacíos en el conocimiento de este grupo, especialmente en regiones como Orinoquía y Amazonía; en comparación con la fauna andina (González-Córdoba, et al., 2019). De acuerdo con, Manzo (2013) “un aspecto que permanece poco estudiado corresponde al de los estadios preimaginales, incluso a nivel mundial” y su asociación con adultos, debido a que la mayoría de investigaciones están enfocadas en macroinvertebrados y evaluaciones de calidad de agua o consultoría ambiental que contienen información de circulación restringida y hacen parte de la llamada “literatura gris” (González-Córdoba, et al. 2020b). Adicionalmente, como afirma Hincapié-Montoya (2017) son pocas las publicaciones con relación al estudio e identificación de especies de Elmidae, lo cual se debe principalmente a la falta de especialistas y de colecciones biológicas de referencia que

permitan la confirmación de los especímenes identificados, motivo por el cual, el inventario y claves taxonómicas a nivel de especies colombianas son escasas o están incompletas. Por lo tanto, de acuerdo con González-Córdoba., et al. (2019) “la alta diversidad de ambientes en Colombia y a la extensión del país, es probable que el número de especies conocidas aumente considerablemente si se encaran estudios más profundos”. En consecuencia, teniendo en cuenta que la CIA-UPN contiene un número importante de escarabajos perteneciente a la familia Elmidae y como un aporte al conocimiento a través de la organización, revisión y divulgación de los datos que están contenidos en la colección y que conforman un conjunto de información importante en términos ecológicos, tanto de la familia como de los cuerpos acuáticos de los cuales fueron colectados, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo es posible la divulgación del estado del conocimiento de la familia Elmidae depositada en la Colección de Insectos Acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional?

3. Justificación

Las colecciones biológicas son archivos detallados de la vida en el planeta en estas se almacenan conjuntos de especímenes, bibliotecas de ADN, registros fotográficos, los cuales son catalogados, mantenidos y organizados, brindando información histórica, geográfica, genética, evolutiva, ecológica, anatómica y morfológica, de la biodiversidad (Páez, 2004) en ese sentido las colecciones son un espacio fundamental para aumentar el conocimiento sobre la diversidad, en el caso de este trabajo para los coleópteros acuáticos colombianos. De igual manera, dentro de las colecciones biológicas nuevos investigadores y expertos tienen la posibilidad de realizar consultas posteriores es decir, el material biológico está a disposición de ser nuevamente revisado con el fin de confirmar, corregir o precisar las identificaciones (Andrade, Henao y Triviño, 2013) y con ello mantener actualizadas las bases de datos; además de realizar procesos de curaduría para mantener en buenas condiciones las muestras, no obstante, muchas colecciones no cuentan con profesionales capacitados, infraestructura y herramientas adecuadas para la manipulación de los especímenes por lo que el material biológico es susceptible al deterioro representando una pérdida del patrimonio natural. La información de las colecciones es organizada y sistematizada en bases de datos mediante el uso del estándar Darwin Core para ser publicada en plataformas como la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) a nivel mundial y el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB-Colombia) esto con el propósito de ofrecer y facilitar el acceso libre a la información sobre la diversidad biológica a la comunidad científica y personas interesadas, no obstante, de acuerdo con Rey (2013) la ingente cantidad de información que atesoran los millones de especímenes de las colecciones científicas todavía es inédita, pues solo se ha digitalizado un porcentaje muy pequeño y esa información asociada puede aportar al conocimiento de distintas disciplinas científicas.

De acuerdo con lo anterior, es necesario destacar el valor de las colecciones biológicas como lugares de gran importancia para la investigación taxonómica, ecológica, biogeográfica, evolutiva, genética, molecular, filogenética, entre otras, de las especies y en particular de la CIA-UPN como un lugar para la investigación y además, como espacios didácticos que posibilitan la enseñanza-aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales (Delgadillo y Góngora, 2009) esto, a través del desarrollo de investigaciones como trabajos de pregrado, prácticas pedagógicas y proyectos de semestre en diversas áreas que van desde la sistemática, taxonomía, ecología, hasta la enseñanza de la biología, integrando distintos campos del conocimiento como por ejemplo el arte, demostrando la capacidad que posee el maestro de abordar temas científicos, pedagógicos y didácticos.

Cabe resaltar, que los procesos desarrollados en la CIA-UPN como espacio no convencional de aprendizaje hacen parte de las estrategias de la Licenciatura en Biología en la formación investigativa de los futuros maestros, con el propósito de crear experiencias sobre la enseñanza de la Biología que problematicen las nociones sobre la vida, lo vivo, la biodiversidad, la diversidad biológica, el territorio y el patrimonio cultural (Medellín y Serrato, 2017). Esto es posible debido a que se ofrecen oportunidades para que estudiantes interesados en el estudio de macroinvertebrados se acerquen a través de la realización de voluntariados y pasantías a la identificación, observación, manipulación y curaduría de especímenes, al mismo tiempo, permite que los maestros en formación a través de la práctica y las experiencias en el laboratorio, construyan propuestas investigativas, en torno a la ecología, biología, conservación de macroinvertebrados y ecosistemas acuáticos epicontinentales. De acuerdo con ello, desde el grupo de investigación CASCADA y la línea de Biodiversidad y Conservación de los Sistemas Acuáticos de la Región Andina (S.A.R.A) que tiene como objetivo principal el estudio de ecosistemas

acuáticos a partir de la ecología descriptiva y funcional, se han llevado a cabo diversos trabajos como el diseño de bases de datos para la sistematización de los principales órdenes, familias y algunos géneros de macroinvertebrados contenidos en la CIA-UPN, además, se han diseñado claves, cartillas taxonómicas, páginas web, guías ilustradas, fichas ecológicas, entre otros materiales de carácter educativo y de divulgación.

Ahora bien, dentro de los esfuerzos de sistematización y curaduría de la base de datos y los especímenes que se han llevado a cabo en la CIA-UPN se destacan investigaciones relacionadas con el estudio de factores taxonómicos y ecológicos de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera (véase García, 2016; Calderón y Correa, 2020) obteniendo resultados como la descripción de nuevos morfos para el género *Atopshyche* (Trichoptera) y reportando un nuevo registro altitudinal para el género, además, a partir del análisis de datos de colecta y parámetros fisicoquímicos hubo una contribución en términos ecológicos al conocimiento de dichos grupos y al mismo tiempo la construcción de material didáctico y de divulgación. Dichos resultados fueron posibles gracias a los procesos de curaduría, observación e identificación de especímenes contenidos en la CIA-UPN y de los análisis que permitieron establecer y correlacionar a partir de la literatura aspectos ecológicos de cada grupo, constituyendo un gran aporte al conocimiento taxonómico de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera. Por otro lado, el trabajo desarrollado por estudiantes de la Licenciatura en Electrónica (véase Centurión y Pardo, 2013) en el cual diseñaron una clave taxonómica virtual para facilitar a los maestros en formación de biología la identificación de los órdenes Coleoptera y Trichoptera es una evidencia de las alianzas interdisciplinarias que ocurren dentro del Departamento de Biología, resaltando una vez más el valor que tiene la CIA-UPN para la comunidad académica y científica como un espacio que contiene parte del patrimonio biológico del país y en particular de los sistemas acuáticos de la región Andina, así como un lugar para la

creación de estrategias pedagógicas y didácticas enfocadas hacia la enseñanza de la ecología, limnología y biología. Por lo tanto, es necesario continuar el trabajo dentro de la CIA-UPN, de manera que en un futuro sea posible la colaboración interinstitucional y con ello el desarrollo de investigaciones más rigurosas enfocadas a la conservación por mencionar uno de muchos aspectos que pueden ser trabajados.

Dentro de los órdenes de insectos acuáticos más representativos en la CIA-UPN, se encuentra Hemíptera, Ephemeroptera, Plecóptera, Díptera, Trichoptera y Coleóptera, respectivamente siendo estos últimos los menos trabajados reflejando la necesidad de ampliar los estudios sobre la diversidad de los coleópteros acuáticos específicamente en la identificación de géneros y análisis de los metadatos. Un primer avance de ello fue a partir de la pasantía realizada en la CIA-UPN en la que se desarrollaron diferentes actividades como identificación de especímenes, observación de estructuras y curaduría de las muestras, surgiendo como producto de dicha proceso el diseño de una serie de fichas taxonómicas teniendo como recurso algunos registros fotográficos que reposan en la base de datos realizada por Arias (2012) en la cual a través de la revisión de varias claves dicotómicas se identificaron algunos individuos de las diferentes familias de coleópteros acuáticos hasta género, siendo así un primer aporte en la identificación hasta el mínimo nivel taxonómico posible, este trabajo requiere ser revisado en el laboratorio para confirmar y corregir los posibles errores, siendo así un primer aporte con relación al grupo de escarabajos acuáticos que reposan en la CIA-UPN.

Sin lugar a duda, la caracterización de los coleópteros acuáticos es necesaria para incrementar el conocimiento sobre su diversidad y distribución en el país, de manera que el trabajo en las colecciones biológicas es indispensable para lograr inventariar y registrar en bases de datos formales los géneros y especies que habitan en Colombia y que con toda seguridad debe ser un

número considerablemente alto, teniendo en cuenta que es un país megadiverso. A partir del conocimiento científico que se construye dentro de las colecciones, es posible el diseño, creación e implementación de estrategias enfocadas en la enseñanza de la biología, debido a que son una fuente inagotable de información y parte de su valor educativo está en la posibilidad de fortalecer lazos entre la comunidad y la ciencia, a través de la divulgación del conocimiento científico, haciendo uso del material biológico y de los recursos educativos (visitas guiadas, fichas taxonómicas y ecológicas, páginas web, blogs, cartillas y libros ilustrados, exposiciones itinerantes, cursos) que hacen parte de las colecciones biológicas. Es así, que este trabajo constituye un aporte por un lado, al conocimiento del orden coleóptera, específicamente de la familia Elmidae y además como una posibilidad de acercar a las personas a este grupo de insectos, a través de la divulgación, por lo que pretende convertirse en un referente para futuros trabajos relacionados con coleópteros acuáticos y la Colección de Insectos Acuáticos.

En ese sentido, con el fin de eludir el acceso restringido particularmente de la CIA-UPN debido a su carácter patrimonial y de acuerdo con las limitaciones consecuencia de la pandemia, se propone a través de la divulgación científica la creación de un recurso educativo digital, como una alternativa que posibilite la interacción, exploración y aprendizaje, tanto de los maestros en formación de biología como todas las personas interesadas en conocer sobre los escarabajos acuáticos particularmente de la familia Elmidae, recuperando información específica sobre los especímenes de dicha familia taxonómica y reconociendo las características propias de las colecciones biológicas como lugares que posibilitan la enseñanza aprendizaje de la biología.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Divulgar la información asociada a la familia Elmidae contenida en la Colección de Insectos Acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional.

4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Establecer la información asociada (metadatos) de la familia Elmidae en la base de datos de la CIA-UPN y trabajos de pregrado del departamento de Biología.
- ✓ Analizar la información en la base de datos de la CIA con la literatura disponible.
- ✓ Diseñar un recurso educativo digital para la divulgación de información.

5. Antecedentes

El interés por el estudio del orden Coleoptera en Colombia, ha incrementado durante las últimas décadas, aportando al conocimiento taxonómico de las familias, géneros y especies presentes en el país, a través de la construcción de claves más precisas, que permiten profundizar en el conocimiento ecológico del grupo. En general, gran parte del conocimiento de la familia Elmidae se encuentra en investigaciones asociadas con composición y estructura y distribución espacial y temporal de escarabajos acuáticos, además, de estudios de calidad del agua de macroinvertebrados bentónicos (González-Córdoba, et al. 2020a) como fauna acompañante, es decir, son pocos los estudios que trabajan únicamente con élmidos. Teniendo en cuenta dicha observación se clasificaron los antecedentes en: Investigaciones sobre coleópteros acuáticos, Investigaciones en la Universidad Pedagógica Nacional sobre coleópteros acuáticos e Investigaciones sobre la familia Elmidae en Colombia.

5.1. Investigaciones sobre Coleópteros Acuáticos

La investigación realizada por Arias-Díaz, et al. (2007), tenía como objetivo principal estudiar la composición y la dinámica espacio-temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello, para ello, se determinó la abundancia relativa por estación y periodo de muestreo, a partir de la colecta de un total de 3071 individuos entre larvas y adultos, hallando que la familia Elmidae era la más abundante (92%) y la de mayor riqueza con 14 géneros (*Heterelmis*, *Phanocerus*, *Lara*, *Cylloepus*, *Microcylloepus*, *Hexacylloepus*, *Macrelmis*, *Neocylloepus*, *Pseudodisersus*, *Hexanchorus*, *Promoresia*, *Neoelmis*, *Oulimnius*, *Gonielmis*). Además, los élmidos presentaron la distribución espacial más amplia registrándose en 27 de las 29 estaciones de muestreo desde los 460 msnm hasta los 3533 msnm, con los géneros *Heterelmis*, *Hexanchorus* y *Microcylloepus* lo cual, según los autores está asociado con la capacidad de colonización de

diferentes hábitats de este grupo. En conclusión, los autores señalan que tanto la distribución como la abundancia de los coleópteros acuáticos están influenciadas por aspectos ecológicos como la disponibilidad de diversos hábitats (principalmente vegetación acuática ribereña, troncos y hojas en descomposición), el uso del suelo y la velocidad de corriente, que por las variaciones individuales en los parámetros físicos y químicos del agua. Por último, destacan que la familia Elmidae tuvo la distribución espacial y temporal más amplia en la cuenca, debido a la capacidad de tolerar cambios en las condiciones físicas, químicas y ecológicas del río, la naturaleza de los ecosistemas lóticos evaluados, además, las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de estos organismos a estos ambientes, su alta diversidad y la capacidad que tienen para colonizar diferentes tipos de sustratos naturales disponibles en un sitio en un momento dado. Es así, que este estudio resalta la importancia de realizar investigaciones relacionadas con los élmidos en los ecosistemas acuáticos, en tanto, este grupo se encuentra ampliamente distribuido en el país, de manera que en un futuro sea posible considerar a esta familia como un bio-indicador de la calidad de agua y con ello estrategias de conservación y educativas tanto de los cuerpos acuáticos como del grupo.

El estudio de la distribución espacial de coleópteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado, en el departamento del Tolima, corresponde a la tesis de pregrado, realizada por Lozano (2014) en la que se evaluaron aspectos de la ecología y taxonomía del grupo, para así conocer la composición y distribución de sus comunidades en dicho río. Para ello se realizaron muestreos en 9 estaciones, en las que se colectaron en total 742 individuos, clasificados en 7 familias y 21 géneros, de los cuales se registraron por primera vez los géneros *Huleechius* y *Gyrelmis* (Elmidae), *Hemiosus*, *Deralus* (Hydrophilidae) y *Anchytarsus* (Ptilodactylidae); además, se tomaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos en el laboratorio y datos como velocidad, temperatura ambiente y del agua, pH y oxígeno disuelto. Dentro de los resultados se encontró que la familia

Elmidae presentó la mayor abundancia (78,71%), con 11 géneros registrados entre larva y adulto (*Heterelmis*, *Macrelmis*, *Microcyloopus*, *Cyloopus*, *Huleechius*, *Phanocerus*, *Neocyloopus*, *Neoelmis*, *Hexanchorus*, *Gyrelmis*, *Elmidae G1*), siendo el género *Microcyloopus*, el más representativo con 283 organismos. Por otra parte, Elmidae obtuvo la distribución espacial más amplia, siendo registrada en las 9 estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado, que van desde los 351 msnm hasta los 1057 msnm, lo cual se debe a su capacidad de colonizar diferentes hábitats y por su rango de tolerancia a los cambios en las condiciones físicas, químicas y características ecológicas de las estaciones en el río. Esta investigación permitió establecer que en cuerpos acuáticos donde hay mayor contaminación por intervención antrópica, la abundancia y riqueza de coleópteros disminuye considerablemente, en comparación con cuerpos de agua menos contaminados.

Por su parte, Cadena (2016) presenta en su tesis de pregrado aspectos taxonómicos y ecológicos de los coleópteros acuáticos de la cuenca del río Anchique en el departamento del Tolima, esta investigación destaca la importancia de dicho grupo para el conocimiento sobre el estado de los cuerpos de agua, en tanto son organismos que presentan especializaciones para colonizar diferentes ambientes. Para ello se colectaron 618 individuos, entre larvas y adultos, correspondientes a 8 familias y 22 géneros, registrando por primera vez en el departamento 4 géneros (*Celina*, *Cyphon*, *Laccornellus* y *Microcara*), además se encontró que la familia Elmidae fue la más abundante (80.58%) y representativa con 10 géneros (*Hexacyloopus*, *Heterelmis*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Microcyloopus*, *Narpus*, *Neoelmis*, *Notelmis*, *Pseudodisersus*). Dentro de los géneros más abundantes están *Microcyloopus* con 287 organismos (46,44%), seguido por *Hexacyloopus* con 138 organismos (22,33%). Esta investigación pone en evidencia que tanto la distribución y abundancia de los coleópteros acuáticos están relacionadas con aspectos ecológicos

como la disponibilidad de sustratos naturales sumergidos (tales como: troncos y hojas en descomposición, vegetación ribereña emergente, piedras, grava, entre otros) y en menor medida con parámetros físicos y químicos del agua. La riqueza de los coleópteros acuáticos en general está relacionada con la altitud y temperatura del agua, sin embargo, esta característica se debe posiblemente con aspectos de menor intervención antropogénica, mayor heterotrofia y abundancia de sustratos orgánicos, aguas oxigenadas, entre otros. En conclusión, la comunidad de coleópteros acuáticos del río Anchique están representados por géneros con adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permite colonizar diversos microambientes. este estudio resalta la importancia de obtener más información acerca de la diversidad de la coleóptero fauna acuática, en tanto permite saber más sobre su distribución en el país en los ecosistemas acuáticos, por lo que, enfatiza en la necesidad de desarrollar estudios encaminados en conocer la riqueza taxonómica de este grupo y su distribución en las diferentes zonas de vida.

La investigación de Huanachin y Huamantínco (2018) que tenía por objetivo conocer la composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos a lo largo de un amplio gradiente altitudinal (476 - 4411 msnm) en Cusco, Perú, con el propósito de contribuir con el conocimiento de la diversidad local y distribución de géneros y especies de escarabajos acuáticos. Para ello, se establecieron 12 estaciones de muestreo, donde se colectaron, durante 3 meses, 3069 individuos entre larvas y adultos de coleópteros acuáticos, agrupados en 10 familias y 23 géneros. La familia Elmidae presentó la mayor abundancia con 2775 individuos (90.4 %), destacándose los géneros *Austrelmis* (62.95%), *Neoelmis* (12.06%), *Heterelmis* (8.11%) como los más abundantes seguido de *Anchytarsus* (Ptilodactylidae) (6.58%). La mayor riqueza también fue de Elmidae con 13 géneros (*Pharceonus*, *Phanocerus*, *Onychelmis*, *Notelmis*, *Neoelmis*, *Microcylloepus*, *Macrelmis*, *Hexanchorus*, *Heterelmis*, *Elmidae sp.1*, *Cylloepus*, *Austrolimnius*, y *Austrelmis*),

seguido de Scirtidae con 2 géneros, finalmente Dytiscidae, Dryopidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Lutrochidae, Psephenidae Ptilodactylidae y Staphylinidae estuvieron presentes con un solo género. Por otra parte, Elmidae, estuvo presente en todas las estaciones evaluadas a lo largo del gradiente altitudinal, los géneros *Neoelmis* y *Heterelmis* presentaron mayor abundancia en las estaciones ubicadas a menor altitud, mientras que *Austrelmis* se encontró a 3108 msnm hasta los 4441 msnm, lo cual se atribuye a la capacidad de colonizar diferentes hábitats. Se tomaron parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales, con el fin de correlacionar y analizar dichos datos con los valores de abundancia y riqueza y así establecer la influencia del factor altitudinal en la composición y estructura de la comunidad, concluyendo que los resultados indican la influencia significativa del factor altitudinal en la composición y estructura de la comunidad estudiada, mostrando cambios en las especies del amplio gradiente estudiado, destacando Elmidae como la familia predominante en el estudio. Esta investigación, pone en evidencia la importancia del análisis de los datos y descripción de los coleópteros para así establecer relaciones a nivel ecológico que permitan comprender las dinámicas del grupo y los cuerpos de agua.

Murillo y Sánchez (2018) realizaron un inventario preliminar de la riqueza genérica y distribución de los Coleópteros acuáticos que se encuentran en la Colección Limnológica en el departamento del Chocó, para ello, se revisaron un total de 1824 individuos entre larvas (11,73%) y adultos (88,27%), en las que se reconocieron 16 familias y 40 géneros, con 4 familias y 20 géneros reportados por primera vez en el Chocó, asociados a 40 corrientes hídricas de diferente orden y 17 ecosistemas lénticos, de las cuencas de los ríos Atrato, San Juan y Baudó, ubicados en 20 municipios del departamento. En esta investigación el género *Psephenus* (Psephenidae), se reporta como el que presenta mayor número de organismos con el 36,84%, seguida de Elmidae,

con un 33,04% y Noteridae, con 12%. Las demás familias presentaron abundancias inferiores al 5%. La familia Elmidae es la que muestra la mayor riqueza, con 12 géneros, seguida de Hydrophilidae, con 7. En conclusión, este trabajo de investigación resalta la enorme diversidad de coleópteros acuáticos y semiacuáticos que se encuentran en la región, además de la importancia y necesidad de seguir adelantando investigaciones que contribuyan a la ampliación del conocimiento taxonómico y ecológico de dicho grupo a nivel de familias, géneros y especies, en especial en zonas poco exploradas en el Chocó y de las cuales no hay suficientes registros de coleópteros acuáticos.

5.2. Investigaciones en la Universidad Pedagógica Nacional sobre Coleópteros

Acuáticos

Arias (2012) realizó como tesis de pregrado la estructuración y validación de la base de datos para los órdenes Trichoptera y Coleoptera de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN), para ello se efectuó un proceso de curaduría durante 6 meses, identificando para el orden Trichoptera 12 familias con un total de 10.663 individuos distribuidos en 2560 viales y para el orden Coleoptera se revisaron 678 viales en donde se encontraron 12 familias con un total de 2711 individuos, además, se organizaron los datos con relación a la altitud, departamento, cuerpo de agua y coriotopo. Posteriormente, en la fase de curaduría se validó la base de datos con estudiantes de los ciclos de fundamentación y profundización de la Licenciatura en Biología, a través de cuestionarios que debían responder con ayuda de la base de datos, siendo así una herramienta de gran utilidad para los estudiantes y personas que quieren realizar investigaciones sobre los órdenes de insectos acuáticos Trichoptera y Coleoptera, además de potenciar habilidades de relación e interpretación de gráficas y figuras, destacando la importancia de la CIA-UPN como un espacio que posibilita la construcción de conocimiento biológico y ecológico. Este trabajo siendo un

primer acercamiento a la sistematización del orden Coleóptera, destaca la importancia de las bases de datos como herramientas que permiten no solamente organizar la información contenida en la CIA-UPN, sino también como un apoyo en la identificación y observación de organismos a través de herramientas virtuales, además, posibilita el análisis de los datos de colecta, que son fundamentales para establecer relaciones a nivel ecológico. Este trabajo evidencia la importancia de continuar trabajando con el orden Coleoptera y con ello proponer investigaciones con alguna de las familias contenidas en la CIA-UPN, relacionadas con la actualización de la base de datos, análisis y divulgación de la información contenida.

En la cartilla clave taxonómica para los órdenes Trichoptera y Coleoptera de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, elaborada por Ramírez (2014), se realizó una fase de revisión y determinación de los organismos pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Coleoptera registrados y archivados en la CIA-UPN, para así, realizar una toma de fotografías y elaboración de mapas de distribución, con el fin de organizar la información e incluirla en la cartilla. Dentro de los resultados, en la fase de determinación para el orden Coleoptera se registró hasta el nivel de familia y se organizaron los datos de acuerdo con los sitios o departamentos de colecta, además, para la elaboración de la cartilla el autor caracterizó cada orden teniendo en cuenta conceptos estructurantes como: morfología, hábitat, distribución geográfica, importancia ecológica, alimentación, función ecológica y clasificación taxonómica. En la fase de fotografías, para coleóptera se tomaron 72 fotos y en total el autor realizó 35 mapas con la información de los sitios de colecta y la familia taxonómica. La cartilla contiene claves taxonómicas y un manual para su correcta utilización. Este trabajo, constituye un aporte con relación a la importancia de la CIA-UPN como un espacio que posibilita la creación y diseño de material didáctico para la enseñanza de insectos acuáticos,

además de la macrofotografía como un elemento fundamental para la observación, identificación y divulgación visual de estructuras y caracteres diagnóstico, adicionalmente, es fundamental continuar con los procesos de curaduría y actualización de las familias y géneros presentes en la CIA-UPN.

Por otra parte, el trabajo titulado “Clave Taxonómica de Identificación Virtual de la Colección de Insectos Acuáticos del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, realizado por Centurión y Pardo, (2013) de la Licenciatura en Electrónica tenía como objetivo principal desarrollar una aplicación que permitiera la búsqueda, clasificación e identificación de los órdenes Trichoptera y Coleoptera de la CIA-UPN, para ello, realizó una clave taxonómica virtual e implementó un programa para el almacenamiento de datos, así como, una interfaz gráfica que permitiera visualizar a través de imágenes las búsquedas que se realizaran. Este trabajo se desarrolló con el apoyo del grupo de investigación CASCADA en el que estudiantes y docentes participaron en el proceso, proporcionando datos, imágenes y asesoría relacionada con la parte biológica y ecológica. Este trabajo de investigación es un ejemplo del cómo es posible crear alianzas interdisciplinarias, además, demuestra la importancia de las colecciones biológicas como espacios que posibilitan articular y divulgar desde diferentes disciplinas el conocimiento biológico.

5.3 Investigaciones sobre la familia Elmidae en Colombia

En la investigación de González-Córdoba, Zúñiga y Manzo (2015) titulada riqueza genérica y distribución de Elmidae (Insecta: Coleoptera, Byrrhoidea) en el departamento del Valle del Cauca, tenía como objetivo reconocer la riqueza de géneros de élmidos, para ello, recopilaron información de distribución, para la realización de mapas de representatividad geográfica a partir de datos de diferentes colecciones biológicas. En total, las autoras revisaron 3305 individuos entre

larvas y adultos, colectados entre 1991 y 2014, representando 19 municipios, 116 localidades y 63 corrientes hídricas de bajo y mediano orden, pertenecientes a la cuenca alta del río Cauca y los ríos Dagua, Anchicayá y San Juan. Dentro de los resultados, se documentaron 16 géneros: 11 pertenecientes a la subfamilia Elminae (*Austrolimnius*, *Cylloepus*, *Heterelmis*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Microcylloepus*, *Neoelmis*, *Notelmis*, *Onychelmis*, *Xenelmis* y *Stenhelmoides*) y 5 de la subfamilia Larinae (*Disersus*, *Hexanchorus*, *Phanocerus*, *Pharceonus* y *Pseudodisersus*) con distribuciones entre los 110 y 2440 msnm. La mayor riqueza de géneros estuvo entre los 1000 y 2000 msnm, siendo *Heterelmis* con 2026 individuos, *Cylloepus* con 344 individuos y *Macrelmis* con 310 individuos, los más frecuentes y con mayor distribución geográfica y altitudinal. En conclusión, las autoras resaltan que, debido al variado relieve del departamento del Valle del Cauca, hay una alta riqueza de élmidos en los cuerpos de agua lóticos, además, este trabajo actualiza el número de registros de géneros en 16 taxones. Esta investigación destaca la necesidad de continuar la identificación y descripción de organismos en colecciones biológicas, en tanto, es posible reconocer la riqueza de un grupo a diferente escala (municipal, departamental, regional, etc.) y sistematizar los datos para la construcción de mapas de distribución.

González-Córdoba, et al., (2016b) realizaron un estudio sobre la riqueza y distribución de Elmidae en el departamento del Chocó, a partir de la revisión de 958 individuos entre adultos y larvas, depositados en 3 colecciones de los departamentos del Chocó, Valle del Cauca y Antioquia. Del total de individuos revisados, 356 correspondieron a adultos y 602 a larvas colectados en un periodo entre 2003 y 2015 en 40 corrientes hídricas, entre los 5 y 2063 msnm, de diferente orden y dos ecosistemas lénticos que drenan las cuencas de los ríos Atrato, San Juan y Baudó. Dentro de los resultados para esta investigación, las autoras, identificaron 17 géneros y cuatro especies, de los cuales *Austrolimnius*, *Hexacylloepus*, *Hexanchorus*, *Huleechius*, *Microcylloepus*,

Neocyloopus, *Neoelmis*, *Onychelmis*, *Stenhelmoides*, *Pharceonus*, *Pseudodisersus* y *Xenelmis*, son nuevos registros para el Chocó y *Cyloopus*, *Disersus*, *Heterelmis*, *Macrelmis* y *Phanocerus*, ampliaron su rango de distribución en la región. Se registraron por primera vez para Colombia dos especies: *Austrolimnius pusio* y *A. formosus*, y para el Chocó: *Stenhelmoides rufulus* y *Pseudodisersus goudotti*. Como conclusión, se evidencia que el departamento del Chocó, junto con el Valle del Cauca, Antioquia y Meta, presentan la mayor riqueza genérica de la familia en el país. Este trabajo es una actualización taxonómica de los élmidos en Colombia, aportando información sobre la distribución de esta familia y los departamentos en los que puede existir mayor riqueza, lo cual permite resaltar la importancia de este grupo en los ecosistemas acuáticos.

La investigación titulada Diversidad espacio-temporal de la familia Elmidae (Insecta: Coleoptera) en la quebrada Las Perlas (Ibagué, Colombia) por Lozano, Guevara-Cardona y Reinoso-Flórez (2018) tenía como propósito determinar la composición y estructura de la familia Elmidae en diferentes sustratos (Arena, Grava, Roca y Hojarasca) y sus posibles relaciones con condiciones ambientales y fisicoquímicas en la quebrada Las Perlas. Para lograrlo los investigadores realizaron muestreos en tres estaciones, durante un ciclo hidrológico (bajas lluvias, transición a altas lluvias, altas lluvias, transición a bajas lluvias). Posteriormente se colectaron los organismos en frascos plásticos, marcados con información de campo, los cuales se determinaron hasta el mínimo nivel taxonómico utilizando claves y descripciones para el neotrópico. Además, en cada sitio de colecta se tomaron muestras de agua para la evaluación de variables fisicoquímicas y bacteriológicas. Dentro de los resultados, de los 3906 individuos colectados, 1575 correspondían a adultos y 2400 larvas, de los que identificaron 13 géneros y 7 especies, siendo *Heterelmis* el de mayor representatividad, sumando más del 55% de la abundancia total colectada (2168 individuos), seguido por *Neoelmis* con el 30% (1174 individuos). Las especies *Heterelmis obscura*

y *Neoelmis limosa* obtuvieron las abundancias más altas frente a las demás (672 y 475 individuos). Finalmente, los sustratos hojarasca y grava presentaron mayor abundancia relativa de élmidos. Como conclusión, los resultados de este estudio indican que la biota de élmidos está fuertemente relacionada con las características ecológicas de la cuenca y en menor medida con factores fisicoquímicos, sin embargo, esto se debe a la naturaleza y alcance del estudio, por lo que para determinar la influencia de dichas variables en élmidos es necesario ampliar los periodos de muestreo.

Aguilera-Giraldo y Vásquez-Ramos (2019) realizaron un estudio sobre la distribución espacial y temporal de Elmidae y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el río Ocoa, del departamento del Meta, para lograrlo, establecieron 15 estaciones de muestreo en dos periodos hidrológicos (baja y alta precipitación). Se colectaron 210 individuos de macroinvertebrados, de los cuales 37 individuos pertenecían a la familia Elmidae, distribuidos en 10 géneros: 36 para la subfamilia Elminae (*Heterelmis*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Astrolimnius*, *Microcylloepus*, *Neoelmis*, *Hexacylloepus*, *Cylloepus*, *Notelmis*) y 1 de Larainae (*Phanocerus*). Los géneros más abundantes fueron *Huleechius* (9 individuos), *Cylloepus* (7 individuos) y *Macrelmis* (6 individuos), por su parte, *Astrolimnius*, *Heterelmis*, *Notelmis* y *Phanocerus* registraron la menor abundancia con tan solo un individuo cada uno. Adicionalmente, se encontró que las estaciones con mayor intervención antrópica y deterioro exhibieron la menor abundancia y en ciertos casos la ausencia de élmidos, hallando asociaciones puntuales entre *Huleechius*, *Notelmis* y *Neoelmis* con las bajas concentraciones de amonio, coliformes totales, sulfatos y DBO, parámetros que indican afectación por vertimientos urbanos y por actividades agrícolas y ganaderas. No obstante, algunos individuos demostraron ser tolerantes a la disminución del oxígeno o al aumento de

sulfatos, lo cual evidencia la utilidad e importancia de estos estudios para ampliar el conocimiento de los coleópteros acuáticos en los diversos ecosistemas acuáticos.

En el año 2019 González-Córdoba, et al., realizó una nueva investigación que tuvo por objetivo registrar la biodiversidad de Elmidae en los departamentos del Amazonas, Caquetá, Meta, Putumayo, Vichada y en ríos que drenan a las macrocuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. Se revisaron 37 individuos registrando por primera vez para Colombia 4 géneros (*Epodelmis*, *Gyrelmis*, *Hintonelmis*, *Holcelmis*) representados en 10 especies, además, se amplía la distribución de *Stegoelmis andersoni* para el departamento del Putumayo, sumando al inventario de especies de Elmidae del país un total de 35 especies en 26 géneros. Este trabajo evidencia la importancia de continuar los procesos de curaduría e identificación de organismos en las colecciones biológicas, de manera que se continúe con el inventariado de especies en el país.

La investigación realizada por González-Córdoba, Zúñiga, Giraldo, Ramírez y Chará (2020a), tenía como objetivo analizar el efecto de algunos factores ambientales sobre la distribución y supervivencia de los géneros de Elmidae en cuerpos lóticos de bajo orden (1-3) en los Andes colombianos, además, de definir la sensibilidad o tolerancia de cada género a los niveles de calidad de agua y discriminar entre las respuestas a las condiciones físico-químicas del agua. Para ello, los autores propusieron una hipótesis, sobre la existencia de variabilidad intrafamiliar en las respuestas ecológicas de Elmidae frente a los cambios de su hábitat y que existen grupos más vulnerables a las perturbaciones del medio, los cuales pueden ser definidos como sensibles y grupos menos vulnerables que pueden ser definidos como tolerantes. Se realizaron 70 eventos de muestreo no simultáneo entre 2002 y 2013 en 60 arroyos (corrientes de agua de primer a tercer orden), ubicados en 20 municipios de ocho departamentos de Colombia, se tomaron datos de parámetros físico-químicos y de hábitat. Se colectaron 8954 individuos, de los cuales 4472 fueron

adultos y 4482 larvas. Se determinaron 22 géneros: *Austrelmis*, *Austrolimnius*, *Cylloepus*, *Disersus*, *Gyrelmis*, *Heterelmis*, *Hexacylloepus*, *Hexanchorus*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Microcylloepus*, *Neoelmis*, *Neolimnius*, *Notelmis*, *Onychelmis*, *Phanocerus*, *Pharceonus*, *Pseudodisersus*, *Stegoelmis*, *Stenhelmoides*, *Tyletelmis* y *Xenelmis* y 15 especies representando el 78.5% de la riqueza nacional conocida. Los géneros más abundantes fueron *Heterelmis* (2952 individuos 33%), *Microcylloepus* (1474 ind. 16%), *Macrelmis* (964 ind. 11%), *Austrolimnius* (813 ind. 9%), *Neoelmis* (716 ind. 8%) y *Cylloepus* (564 ind. 6%), seguido de tres individuos de *Tyletelmis* y dos de *Stenhelmoides*. Dentro de los principales factores que influyeron en la riqueza y composición de Elmidae están: oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, deposición de sedimentos, sólidos suspendidos, disponibilidad de sustratos, altura, ubicación geográfica, conductividad, alcalinidad, turbidez, nitratos, nitrógeno amoniacal y fósforo. En conclusión, para resolver la hipótesis planteada para este trabajo, se encontró que los géneros de Elmidae difieren en su tolerancia a la contaminación, es decir, tienen respuestas particulares dependiendo las condiciones del hábitat y factores de perturbación. Este trabajo constituye un aporte fundamental para el análisis e incidencia de factores ecológicos en la composición y riqueza de los élmidos en los cuerpos de agua, además, dicha información es útil para la incorporación de nuevos índices de calidad de agua o ajuste de los ya existentes.

Uno de los trabajos más recientes e importantes es el realizado por González-Córdoba, Zúñiga y Manzo (2020b) que tuvo como objetivo caracterizar la composición taxonómica y la distribución geográfica y altitudinal de la familia Elmidae en Colombia, además, de realizar un inventario de géneros y especies, junto con un banco de imágenes y la elaboración de mapas de distribución geográfica, para lograrlo, se revisaron e identificaron 22.150 individuos entre larvas y adultos, depositados en los años de 1976 y 2017 en varias colecciones entomológicas del país,

estos han sido colectados en todas las regiones naturales y alrededor de 420 cuerpos de agua de diferente orden, incluidas las principales macrocuencas. Dentro de los resultados se registraron 29 géneros de Elmidae, 23 de ellos de la subfamilia Elminae: *Austrelmis*, *Austrolimnius*, *Cylloepus*, *Epodelmis*, *Gyrelmis*, *Heterelmis*, *Hexacylloepus*, *Hintonelmis*, *Holcelmis*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Microcylloepus*, *Neocylloepus*, *Neoelmis*, *Neolimnius*, *Notelmis*, *Onychelmis*, *Pilielmis*, *Portelmis*, *Stegoelmis*, *Stenhelmoides*, *Tyletelmis* y *Xenelmis*, y seis de la subfamilia Larainae: *Disersus*, *Hexanchorus*, *Phanoceroides*, *Phanocerus*, *Pharceonus* y *Pseudodisersus*, cada género está acompañado con su respectiva descripción taxonómica, datos geográficos, mapas de distribución y registro fotográfico de la larva agrupado con el adulto. Además, se incluyeron datos de las larvas de *Gyrelmis*, *Notelmis*, *Onychelmis* y *Stenhelmoides*, cuya asociación con el adulto era desconocida. Finalmente, este inventario corresponde al 60,4% de los géneros conocidos en el Neotrópico y al 67,4% en Sudamérica. En términos de especies, el listado a nivel nacional se actualizó con 59 taxones catalogados en 22 de los 29 géneros registrados. Este trabajo constituye uno de los aportes más importantes a nivel taxonómico y biogeográfico de la familia Elmidae, proporcionando información valiosa sobre estos organismos y su distribución en los cuerpos acuáticos del país.

6. Marco Teórico

6.1. Orden Coleoptera

Los Coleópteros mejor conocidos como cucarrones o escarabajos en Colombia, representan cerca del 35% de todas las especies de insectos (Girón et al. 2021) con más de 400.000 (Jäch y Balke, 2008) especies descritas a nivel mundial, se estima que el número de especies de Coleoptera en el mundo esté entre 1.700.000 y 2.100.000 (García-Robledo et al. 2020); estos organismos pueden encontrarse en todas las latitudes del mundo, con excepción de la Antártida (Laython, 2017). Están agrupados en aproximadamente 180 familias taxonómicas existentes y 30 familias fósiles (Girón et al. 2021) que se dividen en cuatro subórdenes: Archostemata, Myxophaga, Adephaga y Polyphaga. Según Beutel et al. (2014, como se citó en Laython, 2017) los escarabajos reúnen características como: Cuerpo fuertemente esclerotizado, sin membranas expuestas; Cutícula con tubérculos y escamas; Cabeza prognata y en forma de cuña; Antena con máximo 11 segmentos; Alas anteriores transformadas en élitros; Alas posteriores con dobleces longitudinales y transversales; Segmentos terminales envaginados.

Los coleópteros son insectos que presentan una metamorfosis completa (holometábolos), es decir, presentan las fases de larva, pupa e imago (adulto), siendo diferentes morfológicamente el adulto de la larva. Su ciclo de vida presenta un período que puede variar de meses a años, dependiendo de la especie (Roldán, 1996). El éxito evolutivo de Coleoptera está de alguna forma relacionado con el desarrollo de los élitros (Laython, 2017), estructuras fuertemente esclerotizadas que ofrecen protección a las partes blandas. El otro par de alas son membranosas y generalmente más largas que los élitros; las antenas poseen 11 segmentos, consideradas carácter diagnóstico para la identificación de familias, de acuerdo con su forma pueden ser clavadas, pectinadas, serradas, filiformes, geniculadas, entre otras. El protórax está bien desarrollado y es independiente del resto

del tórax, formando junto con la cabeza la parte anterior del cuerpo; la parte posterior está formada por el mesotórax, metatórax y abdomen (Archangelsky, et al, 2009). Los coleópteros no poseen estructuras como ocelos, cercos o cercis (apéndice del segmento XI que es generalmente multisegmentado y tiene función mecanosensitiva) (Laython, 2017).

El sistema reproductivo de los machos está formado por una pieza media llamada edeago, dos piezas laterales llamadas parámetros y una pieza basal, esta estructura cuenta con glándulas accesorias cuyas secreciones son fundamentales en la formación de los paquetes de espermatozoos; las hembras poseen ovariolas, estructura donde se producen los óvulos y están dispuestos en fardos (Archangelsky, 2009; Laython, 2017).

En el caso de las larvas, hay características importantes que las diferencia, algunas pueden ser campodeiforme, que es la forma primitiva; larvas eruciformes, subcilíndricas y algo deprimidas; larvas vermiformes, cilíndricas y alargadas y larvas escarabeiformes, con el cuerpo en forma de “C”. La cabeza está bien desarrollada y esclerotizada, las antenas generalmente tienen 3 o 4 segmentos, el labro puede ser libre, o estar fusionado al clípeo, formando un nasale o clípeolabro. El tórax lleva tres pares de patas, pero en grupos como curculionidae se encuentran ausentes o reducidas. El abdomen posee 10 segmentos generalmente (Archangelsky, et al, 2009).

6.2. Coleópteros acuáticos

De acuerdo con, Archangelsky, et al, (2009) en la región neotropical hay unas 30 familias de coleópteros acuáticos o semiacuáticos, repartidas en tres de los cuatro subórdenes: Myxophaga, Adephaga y Polyphaga. Por su parte, según Jäch y Balke (2008) en el mundo hay alrededor de 18.000 especies de escarabajos acuáticos, lo cual representa un 70% de las especies descritas hasta ahora. En la actualidad se han identificado a nivel mundial alrededor de 13.000 especies (Short, 2018). La región Neotropical, especialmente América del sur, es la que presenta mayor riqueza de

especies, no obstante, es la que menos descripciones tiene, en los últimos 10 años solo se han descrito más de 300 especies nuevas (Short, 2018).

Según Crowson (1981) el agua ha sido "invadida" por los coleópteros al menos 10 veces de forma independiente durante la evolución de estos organismos, sin embargo, de acuerdo con Jäch y Balke (2008) este proceso parece haber sucedido más de 20 veces. Sus adaptaciones morfológicas (forma alargada y ovalada del cuerpo, antenas reducidas o la aparición de sedas natatorias en las patas, entre otras) y de comportamiento (ciclos reproductivos asociados a la presencia de agua, diferentes estrategias de dispersión, etc.) al medio acuático son excepcionalmente diversas (Jäch y Balke, 2008; Millán, et al., 2014).

Los coleópteros acuáticos adultos se caracterizan a simple vista por tener un cuerpo compacto, además, las partes bucales se observan fácilmente y de acuerdo con la forma de las mandíbulas es posible determinar su nicho ecológico (Roldán, 1996). Dentro de las adaptaciones respiratorias que les permite vivir en el ambiente acuático, están por un lado la presencia de plastrón en los adultos, que es una capa densa de micropilosidad hidrófoba donde se retiene el aire y se hace el intercambio de gases como en una agalla física (Laython, 2017). Las larvas cuentan con órganos modificados como cámaras respiratorias terminales, branquias, expansiones laterales, agallas espiculares, agallas anales, otros cuentan con espiráculos especializados que les permite tomar oxígeno de la cavidad vascular de las macrófitas (Laython, 2017). Algunas larvas poseen urogonfos en el terguito IX o ganchos abdominales, además, pueden presentar un opérculo ventral en el último segmento abdominal que cubre las branquias o ganchos prensiles (Archangelsky, 2009).

En Colombia los coleópteros acuáticos pueden poseer tamaños muy diferentes, desde los Ptiliidae e Hydroscaphidae con menos de 1 mm, hasta los Hydrophilidae (*Hydrophilus*) y

Dytiscidae (Megadytes) con más de 30 mm (Laython, 2017). Los métodos de locomoción que utilizan son diversos, los adéfagos y muchos hidrofílicos son buenos nadadores, otros grupos caminan sobre el sustrato, larvas como las de los psefénidos y torridincólidos suelen encontrarse adheridas al sustrato y se mueven muy poco (Laython, 2017).

6.3. Ecología

La ecología de los coleópteros acuáticos depende de la familia a la cual pertenecen pues está relacionada con las diferentes y variadas adaptaciones que poseen para vivir en el medio acuático, incluyendo modificaciones morfológicas, fisiológicas, comportamentales, etc. De acuerdo con Jäch (1998) se reconocen seis grupos ecológicos diferentes de escarabajos acuáticos:

1. Coleópteros acuáticos verdaderos: Los escarabajos acuáticos verdaderos están sumergidos durante la mayor parte de su vida (las larvas o pupas pueden ser acuáticas o terrestres). Los adultos se encuentran fuera del agua generalmente solo para vuelos de dispersión, después de la pupa, para tomar el sol o cuando las condiciones ambientales no son favorables. Todas las especies están provistas de adaptaciones morfológicas conspicuas: por ejemplo, pelos en las patas, ojos divididos, plastrón, garras grandes, forma corporal aerodinámica, etc. Los representantes se encuentran en las siguientes familias: *Lepiceridae* (probablemente), *Torridincolidae*, *Hydroscaphidae*, *Gyrinidae*, *Haliplidae*, *Noteridae*, *Amphizoidae*, *Hygrobiiidae*, *Dytiscidae*, *Helophoridae*, *Epimctopidae*, *Hydrochidae*, *Spercheidae*, *Hydrophilidae*, *Hydraenidae*, *Elmidae*, *Dryopidae*, *Lutrochidae*.
2. Coleópteros acuáticos falsos: Son acuáticos solamente en sus estadios preimaginales, los adultos son principalmente terrestres. Se encuentran en una gran variedad de hábitats de agua corriente y agua estancada. Los representantes se encuentran en las siguientes familias: *Scirtidae*, *Psephenidae*, *Ptilodactylidae*, *Eulichadidae*, *Lampyridae*.

3. Coleópteros acuáticos fitófilos: Los escarabajos acuáticos fitófilos son miembros de familias fitófagas generalmente terrestres, son mono u oligófagos y están estrechamente correlacionados con las plantas acuáticas (huéspedes) de las que se alimentan/viven y pueden permanecer sumergidas durante al menos algún tiempo en cualquier etapa de desarrollo. Su hábitat real es la planta en lugar del cuerpo de agua en el que crece la planta. Los representantes se encuentran en las siguientes familias: *Chrysomelidae*, *Brentidae*, *Curculionidae*.
4. Coleópteros acuáticos parasíticos: Los escarabajos acuáticos parásitos son similares a los escarabajos acuáticos fitófilos, excepto que sus huéspedes son anfibios o mamíferos acuáticos. Se sumergen cada vez que su anfitrión está sumergido. Algunos géneros de *Leiodidae* son representantes de escarabajos acuáticos parasíticos.
5. Coleópteros acuáticos facultativos: Son coleópteros de familias preponderantemente terrestres que ocasionalmente se sumergen en el agua (para alimentarse, buscar refugio, etc.), esto puede suceder en cualquiera de sus estadios. Algunas familias representativas son: *Carabidae*, *Leiodidae*, *Staphylinidae*, *Scarabaeidae*, *Lampyridae*, *Monotomidae*.
6. Coleópteros acuáticos riparios/litorales: Un grupo enorme y heterogéneo. Los escarabajos riparios son generalmente terrestres, pero se encuentran muy cerca de la orilla del agua (aguas interiores o costa marina) o en hábitats muy húmedos (barro, arena húmeda) en todos sus estados de desarrollo. Algunas familias representativas son: *Carabidae*, *Hydrophilidae*, *Histeridae*, *Hydraenidae*, *Ptiliidae*, *Leiodidae*, *Staphylinidae*, *Scarabaeidae*, *Elateridae*, *Lampyridae*, *Tenebrionidae*.

Los escarabajos acuáticos están presentes en todo tipo de ecosistemas acuáticos epicontinentales, tanto lóticos como lénticos, ocupando todos los coriotopos dependiendo de sus

adaptaciones y rol trófico, además pueden encontrarse en el margen del agua y fitotelmatas. Una forma de clasificar a los coleópteros acuáticos es de acuerdo con cómo se movilizan en los cuerpos de agua, por lo que se pueden encontrar organismos bentónicos, es decir los que habitan en el fondo del sustrato; nectónicos que se mueven libremente por la columna de agua y los neustónicos que se ubican entre la interfase agua-aire (Laython, 2017). La alimentación de los coleópteros acuáticos varía ampliamente, siendo los omnívoros, fitófagos, carnívoros y detritívoros los más comunes, esto también depende del estadio de desarrollo y la familia. En ocasiones se les diferencia por el tamaño de partícula que consumen y la forma como ingieren el alimento. Así, es posible encontrar predadores, colectores, raspadores, trozadores y minadores. (Laython, 2017)

6.4. Clasificación Familia Elmidae

La familia Elmidae, en términos taxonómicos, pertenece a la superfamilia Byrrhoidea Latreille, 1804, de la Serie Elateriformia Crowson, 1960. Es una familia cosmopolita y a nivel mundial se han descrito cerca de 1,500 especies en 151 géneros (Kodada, et al., 2016, como se citó en González-Córdoba, et al., 2020b). En el Neotrópico se han descrito 48 géneros de Elmidae, de los cuales 43 se distribuyen en Suramérica; en Colombia hasta la fecha se han reportado 59 especies y 29 géneros (González-Córdoba, Zúñiga y Manzo, 2020b) número se estima sea mayor. Por su parte, se reconocen dos subfamilias a nivel morfológico y ecológico: Elminae y Larinae (Archangelsky et al., 2009; González-Córdoba, et al., 2020b).

6.5. Hábitos Ecológicos de Elmidae

6.5.1. Hábitat

Los élmidos conocidos como “riffle beetles”, en español, “escarabajos de los rápidos”, son organismos que como su nombre lo indica habitan principalmente ambientes lóticos con elevada velocidad de corriente, como los rápidos de ríos, riachuelos, zonas termales, aguas subterráneas,

quebradas y cataratas con alta disponibilidad de oxígeno, donde son importantes constituyentes de la comunidad bentónica. Además, pueden ser encontrados en ambientes lénticos, donde solo serían transeúntes (Hinton, 1940, como se citó en Manzo, 2013). Los hábitos en adultos pueden variar entre las dos subfamilias, por un lado, los laráneos generalmente habitan ambientes húmedos como zonas de salpicadura, riberas, rápidos, cascadas o se encuentran sumergidos en el agua. Los elmíneos adultos son acuáticos verdaderos. Se desplazan por el sustrato lentamente, aferrándose con sus fuertes y grandes uñas, adaptación que evita sean arrastrados por la corriente del agua.

En Colombia, los élmidos pueden encontrarse en diferentes latitudes, destacándose en las zonas montañosas en lugares desde alta a media pendiente. Cuando los ríos pasan por lugares con menor pendiente, y el sustrato es predominantemente arenoso, la posibilidad de encontrarlos es menor (Laython, 2017).

6.5.2. Hábitos Alimenticios

Los élmidos, tanto larvas como adultos, pueden ser raspadores o colectores, su alimentación se basa principalmente en detritus, algas, perifiton, microorganismos y material orgánico particulado (MOP) de origen vegetal. Según Beier (1948, como se citó en Hincapié-Montoya, 2017) algunas larvas se alimentan también de hojas y musgo sumergido, esporas de hongos, hifas y ocasionalmente de bryozoos. Algunas larvas son reportadas como xilófagas (LeSage y Harper, 1976). Los grupos funcionales en los que se clasifican los élmidos son raspadores, recolectores/colectores o trituradores (Ottoboni, et al., 2011)

6.5.3. Reproducción

Los huevos son puestos individualmente o en pequeños grupos en rocas sumergidas, detritus o vegetación. El número de estados larvales varía entre 6 a 8 instars, con una duración entre 7 meses, 3 años e incluso más. La cámara pupal es ovoide y es construida en la orilla sobre

sustrato, musgo, rocas o madera emergiendo del agua (White y Roughley, 2008). La fase pupal requiere de una a tres semanas (Holland, 1972, como se citó en Hincapíe-Montoya, 2017).

6.6. Características Generales y Variación Morfológica

Los élmidos se reconocen fácilmente por poseer antenas filiformes o clavadas, sin antenómeros modificados, tarsos largos, en especial el quinto que generalmente es tan largo como el resto, con cinco tarsitos sin lóbulos (Casari e Ide, 2012, como se citó en Laython, 2017). Su tamaño varía desde pequeños hasta medianos (1,2 a 10 mm) y la mayoría tiene colores poco vistosos (Spangler y Santiago, 1987) entre marrón y negro. Las uñas son también largas, notorias, adaptación de la familia para agarrarse a las rocas y no dejar que la corriente se los lleve (White y Roughley, 2008). Además, poseen varias adaptaciones morfológicas a su hábitat como cutícula fuertemente esclerotizada y cabeza retraíble dentro del protórax para minimizar las lesiones si los individuos son arrastrados por fuertes corrientes.

Entre las adaptaciones de los élmidos para la vida acuática, están los filamentos branquiales localizados en la región anal que poseen todas las larvas de esta familia (González-Córdoba, Zúñiga, Giraldo, et al, 2020a), las branquias son retráctiles y están protegidas por un opérculo que se puede expandir o contraer para aumentar la ventilación cuando los niveles de oxígeno son bajos (White y Roughley, 2008). Para el caso de los adultos, dichas adaptaciones pueden variar de acuerdo con la subfamilia: los laráineos respiran aire atmosférico o retienen burbujas temporales de aire que renuevan en la superficie. Los elmíneos adultos poseen una capa de finas setas hidrófugas llamada tomento que les permite adherir y retener una burbuja permanente de aire llamada plastrón. El oxígeno contenido en la burbuja se renueva por difusión gracias a las presiones parciales de gases (N₂, O₂ y CO₂) que crean un gradiente entre el interior y exterior de la burbuja, por lo que estos organismos no salen a la superficie para renovar el aire en la burbuja como otros

grupos de coleópteros (González-Córdoba, Zúñiga, Giraldo, et al, 2020a)

6.6.1. Subfamilia Elminae

Esta subfamilia contiene alrededor de 1350 especies pertenecientes a 123 géneros y 3 tribu (Kodada, et al., 2016, como se citó en González-Córdoba, et al., 2020b). Todas las especies son acuáticas verdaderas y los adultos que recién emergen de la cámara pupal alzan el vuelo, siendo su único vuelo de dispersión en el que son capaces de sobrevivir durante varios días fuera del agua (Brown, 1987). De acuerdo con González-Córdoba, et al. (2020b) las larvas maduras miden de 2 a 9 mm de longitud y el tamaño de los adultos puede variar entre 1 y 7 mm. Los elmíneos poseen antenas largas y filiformes, generalmente de 11 segmentos, presentan cutícula fuertemente esclerotizada y poco pubescente, sin embargo, la región ventral está cubierta por grandes parches de estructuras cuticulares hidrófugas a manera de setas, denominada tomento, la cual les permite retener una burbuja de aire llamada plastrón, la cual se conecta con los espiráculos abdominales para la respiración (Kodada, et al., 2016, como se citó en González-Córdoba, et al., 2020b). En Colombia se registran 23 géneros: *Austrelmis*, *Austrolimnius*, *Cylloepus*, *Epodelmis*, *Gyrelmis*, *Heterelmis*, *Hexacylloepus*, *Hintonelmis*, *Holcelmis*, *Huleechius*, *Macrelmis*, *Microcylloepus*, *Neocylloepus*, *Neoelmis*, *Neolimnius*, *Notelmis*, *Onychelmis*, *Pilielmis*, *Portelmis*, *Stegoelmis*, *Stenhelmoides*, *Tyletelmis* y *Xenelmis* (González-Córdoba, et al., 2020b).

6.6.2. Subfamilia Larainae

La subfamilia Larainae cuenta con 28 géneros y 160 especies descritas en todo el mundo (Kodada, et al., 2016, como se citó en González-Córdoba, et al., 2020b), e incluye individuos acuáticos y semiacuáticos; las larvas viven en el agua y los adultos se asocian a la zona de salpicadura y cascada, aunque gran parte de las especies viven sumergidas en los cuerpos de agua (González-Córdoba, et al., 2020b). Las larvas maduras miden entre 3 y 15 mm, mientras que los

adultos alcanzan longitudes de 3 y 11 mm. Según González-Córdoba, et al. (2020b) los laráneos generalmente presentan una fila de setas curvas alrededor de los ojos o sobre el margen anterior, las antenas poseen 11 segmentos y pueden ser largas filiformes o serradas, o también cortas y clavadas (últimos 5 segmentos). Tienen cutícula relativamente blanda, con pubescencia que cubre casi todo el cuerpo, pueden formar plastrón con setas menos finas que el tomento de los Elminae y poseen alas posteriores bien desarrolladas (Kodada, et al., 2016, como se citó en González-Córdoba, et al., 2020b). En Colombia se registran 6 géneros: *Disersus*, *Hexanchorus*, *Phanoceroides*, *Phanocerus*, *Pharceonus* y *Pseudodisersus* (González-Córdoba, et al., 2020b).

6.7. Colecciones biológicas

Las colecciones biológicas, por definición, son bancos o bibliotecas de datos (Darrigran, 2012; Trujillo-Trujillo, et al., 2014) y tienen como propósito documentar la biodiversidad entendida como parte del patrimonio natural de un país o región. De acuerdo con Simmons y Muñoz, (2005) las colecciones biológicas constituyen un archivo histórico que detalla la vida, pasada y presente del planeta, en las cuales se almacenan conjuntos de especímenes completos o parciales (por ejemplo, genitalias, rádulas, muestras y preparaciones histológicas) (Rey, 2013), bibliotecas de ADN, registros fotográficos, etc., que están debidamente catalogados y organizados y sirven como material de referencia para la determinación de otros especímenes (Páez, 2004), de manera que, son la base para investigaciones en taxonomía, sistemática, estudios evolutivos, ecología, filogenética, biogeografía, modelos predictivos de la biodiversidad del planeta, estudios de los contenidos estomacales, estados reproductivos, investigaciones biomédicas, bioquímicas, bioprospección, estudios moleculares de ADN y cladísticos, entre muchos otros (Simmons y Muñoz, 2005; Montaña, Meza y Días, 2012) ofreciendo información valiosa con relación a los cambios en la composición, variaciones en la distribución geográfica de una especie, especies

amenazadas, áreas de endemismo o alta diversidad (Fernández, Muñoz, Simmons, Samper, 2005; Trujillo-Trujillo, et al., 2014) por lo tanto, las investigaciones que deriven del trabajo en colecciones biológicas constituyen un aporte fundamental en la descripción, conocimiento e inventariado de la biodiversidad.

Los organismos que se encuentran depositados en una colección biológica están dispuestos a la comunidad científica y nuevos investigadores para consultas posteriores, con el fin de confirmar, aclarar, corregir o precisar las identificaciones (Páez, 2004; Andrade, et al., 2013) utilizando nuevos instrumentos y técnicas, proporcionando nuevos datos y conocimientos a partir de ejemplares estudiados previamente (Darrigan, 2012).

6.7.1. Funciones de las colecciones biológicas

Las colecciones biológicas se destacan por aspectos importantes como son:

Investigación. Constituye la principal actividad en la cual se desenvuelven las colecciones biológicas, en tanto, contienen material biológico depositado y preservado bajo condiciones especiales, ofreciendo datos taxonómicos, ecológicos y geográficos precisos sobre las especies de un determinado lugar, constituyendo fuente de información para así adelantar investigaciones en diversas disciplinas como la biología, ecología, evolución, biogeografía, sistemática, entre otros, aportando en el conocimiento en torno a estas disciplinas y la biodiversidad (Mora-Ambriz y Fuentes-Moreno, 2006). Además, se apoyan estudios faunísticos realizados por investigadores o estudiantes, quienes consultan las bases de datos y hacen actividades de revisión y curaduría de los ejemplares, también es posible realizar intercambio de ejemplares entre colecciones con el fin de hacer descripciones más precisas o corroborar información (Martínez de la Vega, 2019).

Docencia. Las actividades de docencia son apoyadas a través de las prácticas en las cuales la observación y manipulación de los especímenes, posibilitan una mejor comprensión de temas

relacionados con biología, ecología, sistemática, taxonomía, biogeografía, zoología de invertebrados y vertebrados, anatomía y fisiología de plantas y animales, así como la botánica de gimnospermas y angiospermas, entre otros. (Mora-Ambriz y Fuentes-Moreno, 2006; Delgadillo y Góngora, 2009). Además, las instituciones de educación superior que cuentan con colecciones biológicas permiten que los estudiantes adelanten procesos de curaduría de los especímenes, así como la actualización de las bases de datos, convirtiéndose en un complemento a su formación. El material que reposa en las colecciones sirve de apoyo en cursos de pregrado y posgrado para asesorías en talleres, diplomados, conferencias y preparación de material didáctico para todos los niveles escolares y para diversos foros académicos (simposios, congresos, semanas científicas, estancias de investigación) (Martínez de la Vega, 2019).

Difusión. El gran acervo de información y toda la producción de conocimiento que se genera en las colecciones es muy útil para divulgar la importancia y riqueza de la biodiversidad entre el público en general como para instituciones escolares de forma fácil y comprensible, esto es posible a través de exhibiciones, visitas guiadas, cursos, publicaciones, folletos, guías de campo y todo material didáctico no especializado que permita acercar a las personas al conocimiento y con ello incentivar la valoración y conservación del patrimonio natural (Mora-Ambriz y Fuentes-Moreno, 2006; Delgadillo y Góngora, 2009).

6.7.2. Las colecciones como estrategias didácticas

De acuerdo con Delgadillo y Góngora (2009) las colecciones biológicas permiten al estudiante interactuar con diversos elementos de enseñanza, entendido como los instrumentos y herramientas que se utilizan dentro de las colecciones, así como los recursos didácticos que bien pueden ser los especímenes en sí o todo tipo de material educativo como fichas, cartillas, galerías, bases de datos, siendo un complemento entre las prácticas de laboratorio, salidas de campo y

aprendizaje en el aula, incrementando habilidades y destrezas de los maestros en formación en biología y así mismo posibilita trabajar de manera integral con diferentes disciplinas asociadas (Claudio y Burgos, 2006). Además, según Rabanaque y Darrigran (2017) el trabajo en colecciones biológicas posibilita la apropiación de habilidades y destrezas específicas entre las que se destacan: pensar, crear, diseñar, resolver, interactuar, manejar, usar, producir y comunicar, por lo que es necesario recibir una formación investigativa integral. En ese sentido, las colecciones biológicas vistas como estrategia didáctica invitan al alumno a jugar un papel activo en su propio aprendizaje, por lo que adquieren un papel fundamental como mediadores en el aula debido a que contribuyen en la construcción de conocimientos basado en el aprendizaje significativo (Claudio y Burgos, 2006; Delgadillo y Góngora, 2009; Rabanaque y Darrigran, 2017).

Así pues, según Medellín y Serrato (2017) la noción de colección no se reduce únicamente al almacenamiento de especímenes, sino que puede responder a otro tipo de materiales, que propenden por el respeto de la vida, elaborando prototipos, realizando colecciones de cantos, manuales ilustrados, biogeografía cultural, entre otros; visibilizando las apropiaciones sociales de la biología que superan las tradiciones científicas y recogen los saberes locales y contextuales, posibilitando el encuentro de saberes que ponen en tensión lo vivo y la vida, y que sitúa la pregunta por cómo estos saberes son apropiados por los sujetos y cómo se materializan en sus mismas prácticas de vida.

6.8. Páginas web educativas

En la actualidad la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la sociedad es un hecho innegable (Ferrer, 2005) hoy por hoy, nadie duda de la importancia que tiene la tecnología en la sociedad y por tanto también para la educación, esto supone una alternativa de cambio e innovación pues los materiales disponibles en la web pueden

servir como herramientas de trabajo en distintos entornos de aprendizaje, presentando una nueva perspectiva de enseñanza-aprendizaje diferente a la tradicional (Torres, 2005). Por lo tanto, una página o sitio web es una herramienta en la que se apoyan los procesos educativos la cual permite brindar información sobre un tema determinado y plantear actividades (Dávila, et al., 2015) a diferentes destinatarios como profesores, estudiantes y familias.

De acuerdo con Afanador, et al., (2019) es importante en la construcción de un recurso educativo digital o artefactos de aprendizaje (blog, página web, grupo de red social y otros) involucrar coherentemente tres componentes: el componente tecnológico, el componente contenido y el componente pedagógico y didáctico, lo cual implica que características como la usabilidad, navegabilidad, textualidad, modalidad, interactividad, derechos de autor, disponibilidad y accesibilidad sean catalizadores entre la interacción y la presentación del contenido de aprendizaje.

Dentro de las funciones de las páginas web educativas están por un lado proporcionar o divulgar todo tipo de información (textual, gráfica, auditiva, audiovisual) a sus usuarios directos, indirectos y potenciales así como, facilitar la obtención de materiales educativos; posibilitar la comunicación con otras personas con el fin de intercambiar ideas, conocimientos y observaciones; y la de entretener y motivar, en tanto, las tecnologías de la información permiten acceder a numerosos programas y entornos lúdicos ofreciendo alternativas de aprendizaje a temas de acuerdo a los intereses particulares (Marquès, 1999). En ese sentido, según Ferrer (2005) mejorar el aprendizaje es una de las funciones más importantes cuando las tecnologías de la comunicación se emplean como recurso didáctico, siendo por un lado complemento en el aula aprovechando las posibilidades de aprendizaje colaborativo, utilizando correctamente los hipervínculos o incluyendo actividades o autoevaluaciones relacionadas con los contenidos y por otro lado, cuando su

capacidad de motivación, su estructura, sus propuestas inducen al estudiante a aprender (ya sea mediante el juego o mediante la investigación, la lectura).

Según Marquès (1999) las páginas web deben cumplir con una serie de características entre ellas: 1. Su facilidad de uso de manera que los usuarios puedan ver realizados sus propósitos de localizar información, consultar materiales didácticos y aprender además, 2. la calidad en términos del diseño general de la página web el cual debe ser claro, atractivo e interactivo para los usuarios; por otro lado es fundamental 3. la calidad y la forma en que se presenta la información pues esta debe ser correcta y actual; 4. se debe tener en cuenta el sistema de navegación e interacción, en tanto que una buena estructuración de los contenidos, secciones y actividades permitirá que el usuario encuentre la información de manera fácil y sencilla; 5. es conveniente que los usuarios sean no sólo receptores de la información sino también puedan ser emisores, de manera que sea posible una comunicación bidireccional; además, es importante tener en cuenta 6. la potencialidad comunicativa, en tanto, el espacio debe abrir canales comunicativos mediante enlaces a otros espacios web, direcciones de correo electrónico, entre otros. Por último, las páginas web deben fomentar y potenciar el desarrollo de la iniciativa y el aprendizaje autónomo, estimulando el desarrollo de habilidades metacognitivas y estrategias de aprendizaje en los usuarios, que les permitan planificar, regular y evaluar su propia actividad intelectual, provocando la reflexión sobre su conocimiento y sobre los métodos que utilizan al momento de estudiar.

7. Metodología

El presente trabajo de investigación está orientado bajo el paradigma epistemológico empírico-analítico, corriente desarrollada por autores como Comte, Mill y Durkheim y sus supuestos básicos radican en que el mundo natural tiene existencia propia y está regido por leyes que el investigador debe descubrir objetivamente y con procedimientos científicos para poder explicar, predecir y controlar todos los fenómenos (Schuster, Puente, Andrada, Maiza, 2013). De acuerdo con Dobles, Zúñiga y García (1998, como se citó en Meza, 2003) las características de este paradigma parten del sujeto como quien descubre el conocimiento y tiene acceso a este a través de los sentidos, la razón y los instrumentos que utilice, siendo fundamental la experiencia entre lo que el ser humano conoce y la realidad que descubre. Por lo tanto, según Schuster, et al, (2013) desde este paradigma, “la investigación educativa equivale a investigación científica aplicada a la educación y debe alinearse a las normas del método científico”.

Para Ramos, (2015) “desde el paradigma empírico-analítico las respuestas a una pregunta de investigación son interesantes, siempre y cuando, se puedan realizar mediciones sobre el fenómeno de estudio”, desde esta perspectiva se trabajará bajo un enfoque mixto de elementos de análisis de tipo cuantitativo y cualitativo, a través del método descriptivo que posibilitará el análisis e interpretación de la información depositada en la base de datos de la CIA-UPN y así consolidar una posible construcción del conocimiento en torno a la familia Elmidae.

7.1. Primera fase

En esta primera fase de la investigación, el cual responde al primer objetivo específico relacionado con “establecer la información asociada en la base de datos de la CIA-UPN y trabajos de pregrado del departamento de Biología” se llevó a cabo un proceso de revisión y curaduría de la información contenida en la base de datos sobre la familia Elmidae, para ello, se diseñó una

matriz (ver anexo 1) en la cual se organizaron por cada uno de los departamentos registrados datos de colecta como: altitud, coriotopos, número de individuos por coriotopo, con el fin de establecer la representatividad del grupo en la colección. Además, se realizó la sistematización de los parámetros fisicoquímicos como pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno disuelto, DBO, DQO, Sólidos Totales, Fosfatos, Nitritos y Nitratos, entre otros, de cada uno de los cuerpos de agua en donde se han desarrollado colectas y se han reportado élmidos para ello se elaboró una matriz (ver anexo 2) en la que se recuperó la mayor cantidad de información ecológica y de distribución proveniente de diferentes trabajos de pregrado realizados en el grupo de investigación CASCADA, en total se revisaron 23 trabajos que fueron realizados entre los años 2004 a 2020.

7.2. Segunda fase

De acuerdo con la información recuperada y organizada de la base de datos de la CIA-UPN y de los trabajos de grado que contenían información relevante para esta investigación se dio respuesta al segundo objetivo propuesto relacionado con “analizar la información en la base de datos de la CIA con la literatura disponible” para ello, se desarrollaron diferentes gráficas las cuales permitieron evidenciar aspectos ecológicos de la familia Elmidae como la representatividad del grupo en coriotopos, distribución espacial por coriotopos, cuerpos de agua y su registro altitudinal y así realizar el análisis correspondiente que posibilitó acercarse al grupo con el limitante de no poder tener información directamente de la colección debido a la contingencia por la pandemia. Para poder suplir dicha limitante se apoyó de investigaciones de la familia Elmidae en Colombia de autores como: González-Córdoba, et al, (2015; 2016a; 2016b; 2019; 2020a; 2020b); Lozano, et al. (2018); Aguilera y Vásquez (2019); Hincapíe (2017); Brown, (1987); Arias-Díaz, et al. (2007); Machado y Roldán (1981) y Roldán y Ramírez (2008) con el fin de establecer posibles relaciones de acuerdo con la información de la base de datos y la literatura. Además, se realizó un análisis

descriptivo de la información físico-química de las fuentes de información seleccionadas para establecer posibles relaciones entre los parámetros y los élmidos reportados en la colección.

7.3. Tercera fase

En esta fase de la investigación y a través de un recurso educativo digital se realizó la divulgación de los resultados obtenidos y así dar respuesta al último objetivo propuesto para esta investigación relacionado con “diseñar un recurso educativo digital para la divulgación de información” para ello se construyó una página web como una forma de acercar a las personas al conocimiento de la familia Elmidae y al trabajo que se realiza en la CIA-UPN y la importancia de este espacio para la investigación. En ese sentido, y teniendo en cuenta que a pesar de que la tecnología ha estado presente desde hace décadas, ha adquirido mayor relevancia desde que inició la pandemia como una alternativa para cortar distancias evitando que diferentes aspectos como la economía, la educación, entre otros, se vieran afectados aún más.

Por lo tanto, dentro de los diversos recursos educativos (blog, página web, grupo de red social y otros) para esta investigación se optó por el diseño y construcción de una página web pues es una herramienta que está al alcance de todas las personas y es de fácil acceso, en tanto, posibilita la divulgación de información y resultados obtenidos de una investigación, a través del diseño y creación de contenidos de forma organizada e interactiva, utilizando otros recursos como videos, infografías, galerías, entre otros. Además, una página web puede ser consultada en cualquier momento, incluso a través de éstas es posible crear alianzas para la organización de eventos como congresos, simposios, cursos, entre otros, y con ello acercar a más personas a que se interesen por el estudio e investigación, en este caso de los coleópteros acuáticos, en tanto es uno de los grupos de insectos más diverso y menos estudiado.

De acuerdo con lo anterior, la página web está estructurada a partir de contenidos como: generalidades de los coleópteros acuáticos, cómo identificar un escarabajo acuático, principales familias y los grupos ecológicos de acuerdo con la clasificación de Jäch (1998). Para la familia Elmidae se incluyeron características generales del grupo, taxonomía y hábitos ecológicos, además de los resultados obtenidos de esta investigación con relación a la información de aspectos ecológicos de la CIA-UPN. Además, se incluyeron una serie de fichas taxonómicas producto de la pasantía realizada en el año 2020, una sección de datos curiosos relacionados con los coleópteros acuáticos y un blog el cual se propone como espacio para interactuar con los visitantes de la página.

8. Resultados y Análisis

Los resultados para esta investigación corresponden a la revisión, organización y curaduría de la información que fue posible extraer de varias fuentes de información entre estas: la base de datos para los órdenes Trichoptera y Coleóptera de Arias (2012) y la última actualización realizada para el año 2017 de la base de datos que contiene información sistematizada de todos los órdenes de macroinvertebrados pertenecientes a la CIA-UPN además, de trabajos de pregrado realizados en el Departamento de Biología relacionados con estudios limnológicos en macroinvertebrados, calidad del agua, entre otros. Por tal motivo, gran parte de los resultados y análisis que se presentarán será a nivel de familia y solamente en los análisis físico-químicos se incluye un análisis descriptivo de algunos géneros que fue posible identificar pues debido a la contingencia por la pandemia el trabajo en el laboratorio no fue posible completar, no obstante, para suplir dicho limitante se consultó una cantidad importante de investigaciones para Colombia de la familia Elmidae destacándose los trabajos de González-Córdoba, et al, (2015; 2016a; 2016b; 2019; 2020a; 2020b); Lozano, et al. (2018); Aguilera y Vásquez (2019); Hincapíe (2017) los cuales aportaron elementos para realizar un análisis descriptivo con el material biológico presente en la CIA-UPN de la familia Elmidae.

En consecuencia y de acuerdo con lo anterior en la base de datos de la CIA-UPN hay un total de **1427 individuos (66%)** entre larvas y adultos de la familia Elmidae contenidos en **287 viales**, representando dentro de la colección la familia con mayor número de individuos para el orden Coleóptera (ver figura 1) seguido de *Ptilodactylidae* (402 individuos, 18%); *Psephenidae* (196 individuos, 9%) y *Staphylinidae* (152 individuos, 7%). Los reportes indican que los especímenes han sido colectados entre los años **2002 y 2013 en 8 departamentos (Huila, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Quindío, Risaralda, Caquetá y Chocó), 22 municipios y 37**

cuerpos de agua lóaticos y lénticos, siendo la gran mayoría (especímenes colectados) de aguas de corriente rápida. La colección de escarabajos acuáticos ha sido posible gracias a las diferentes investigaciones como trabajos de grado, prácticas de campo y proyectos realizados en el Departamento de Biología relacionados con macroinvertebrados acuáticos o estudios del orden Trichoptera destacándose los coleópteros y en especial los élmidos como fauna acompañante esto quiere decir que ninguno de los estudios realizados ha sido dedicado únicamente a la familia Elmidae.

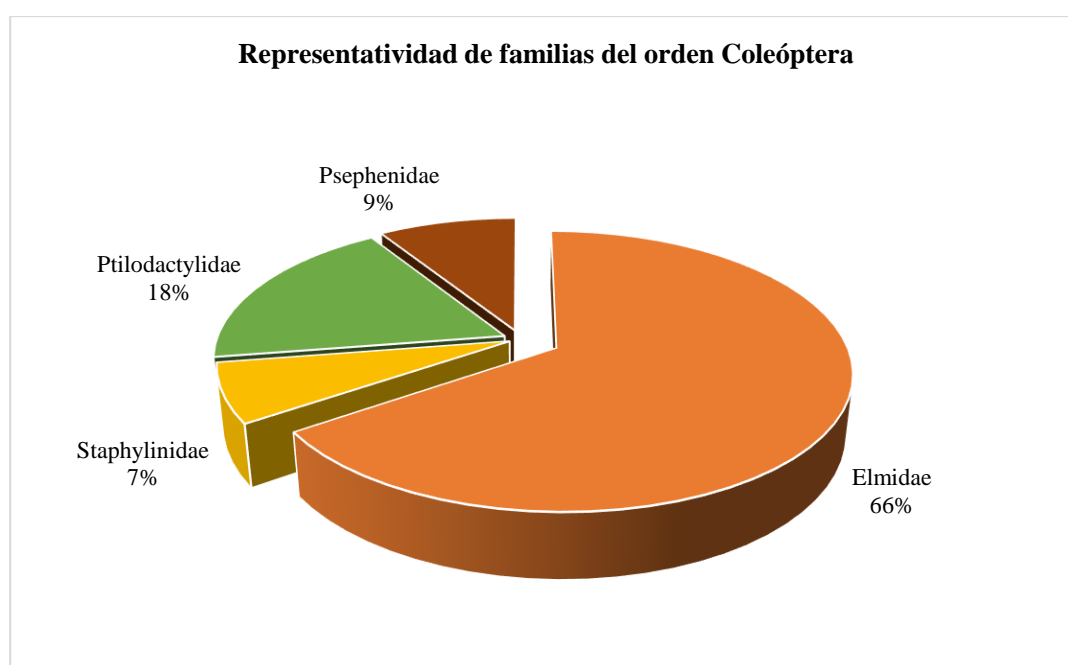


Figura 1. Representatividad de familias del orden Coleóptera

En la figura 2 se puede evidenciar la representatividad de Elmidae por departamento destacándose el Huila con un porcentaje del 62.72% (895 individuos), seguido de Boyacá con el 15.84% (226 individuos) y Cundinamarca con 11.14% (159 individuos) esto se debe a que en estos lugares se han adelantado diversas investigaciones en donde se han colectado gran cantidad de macroinvertebrados. Los departamentos de Quindío (29 individuos, 2.03%) Risaralda (8

individuos, 0.56%) Tolima (7 individuos, 0.49%) Chocó (6 individuos, 0.42%) y Caquetá (5 individuos, 0.35%) representan los departamentos con menor cantidad de élmidos lo cual indica que los muestreos y las técnicas empleadas para la toma de datos difiere con el tipo de investigación, es decir, en los departamentos en los que se reportaron los mayores porcentajes corresponden a trabajos de pregrado en los cuales los periodos de muestreo fueron más rigurosos y prolongados en comparación con los departamentos con menor porcentaje los cuales corresponden en su mayoría a prácticas de campo. De acuerdo con lo anterior, es posible evidenciar que la concentración de los muestreos ha sido en la región Andina, indicando la necesidad de ampliar las investigaciones y colectas en otros cuerpos de agua e incluso otras regiones.

Cabe resaltar que un 6.45% (92 individuos) corresponde a viales que no contienen datos de colecta completa, esto se debe al deterioro que presentan las etiquetas lo cual constituye una pérdida del material biológico en términos de la información asociada, no obstante dichos especímenes son utilizados como material de docencia lo que permite que estudiantes a través de la práctica adquieran e incrementen habilidades científicas, de esta manera se evita que el material de referencia sea dañado. En consecuencia, se resalta la importancia de contar con curadores que se encarguen de mantener la colección y los especímenes en condiciones óptimas para así continuar adelantando investigaciones en la CIA-UPN.

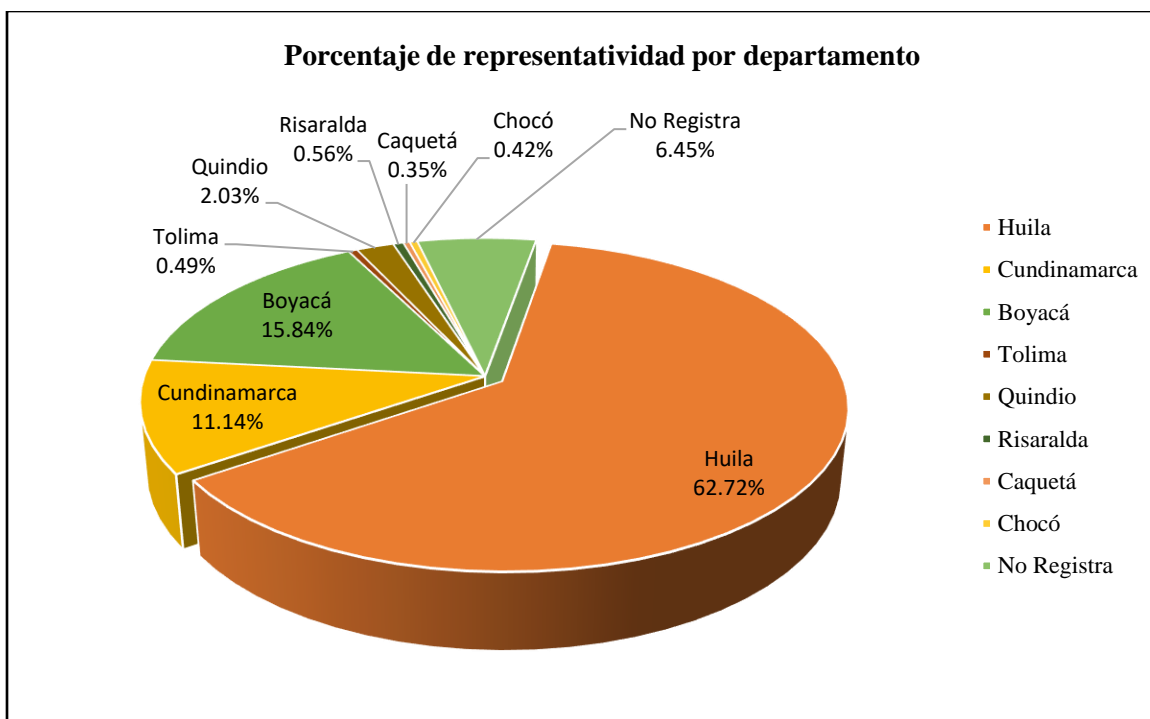


Figura 2. Porcentaje de representatividad por departamento de la Familia Elmidae de la CIA-UPN

8.1. Distribución por microhábitat

Dentro de los microhábitats o coriotopos para la familia Elmidae de la CIA-UPN (Figura 3) se estableció que el mayor porcentaje de especímenes presentes entre larvas y adultos corresponde al de Hojarasca (24.44%), Piedra Corriente Rápida (19.87%) y Piedra Corriente Lenta (17.06%), lo cual se debe principalmente a que los élmidos son organismos clasificados como raspadores y colectores, siendo su principal alimento el material orgánico particulado (MOP) de origen vegetal, de modo que, cumplen un rol como descomponedores y en la remoción de sedimentos liberando nutrientes que quedan atrapados en el fondo de los ríos (Roldán y Ramírez, 2008). Además, estos coleópteros constituyen un importante componente en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos por lo que son habitantes comunes en los rápidos de ríos, quebradas y cascadas, encontrándose en sustratos rocosos con presencia de hojarasca (Passos et

al. 2003) por lo tanto, estos microhábitats proporcionan mayor estabilidad, oferta alimenticia y refugio a diferencia de otros sustratos (González-Córdoba, et al. 2016b).

Los microhábitats como Musgo (10.46%) y Cascada (9.97%) presentaron un número importante de individuos colectados, esto se debe a que los élmidos como se mencionó anteriormente habitan ambientes lóticos por lo que es de esperarse encontrarlos en cascadas, además, de sustratos con presencia de musgo sumergido pues éste hace parte de su dieta. Por otro lado, los coriotopos Musgo Corriente Lenta (4.63%), Ribera (2.18%), Gravilla (2.32%), Salpicadura (1.05%), Musgo Corriente Rápida (0.63%) y Vegetación Ribera (0.49%) tuvieron menor presencia de estos organismos esto posiblemente se debe a que los tiempos de muestreo en las investigaciones que reportaron élmidos no fue prolongada entre otros aspectos como el propósito del estudio pues de acuerdo con González-Córdoba, et al. (2020b) en sustratos gruesos como grava, guijarros o cantos, se puede encontrar un aumento en la diversidad de estos coleópteros, al igual que en ríos que presentan una combinación de corrientes rápidas y lentas. (Ver figura 3)

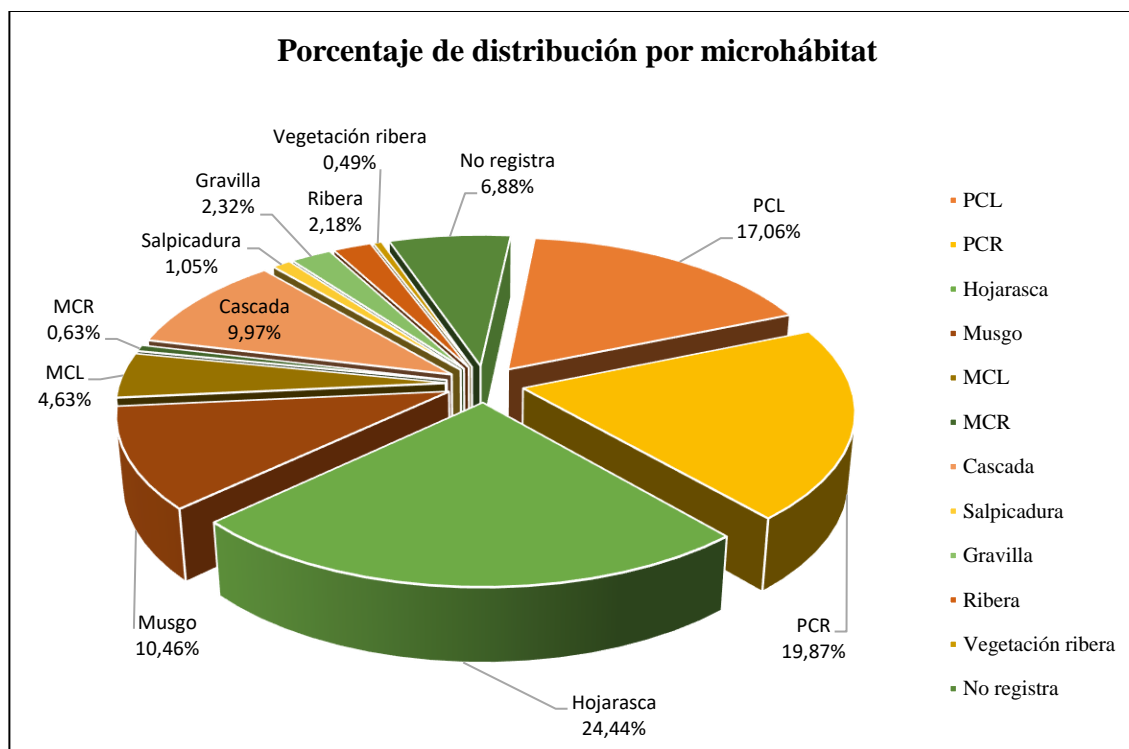


Figura 3 Distribución por microhábitat o coriotopeo de la familia Elmidae de la CIA-UPN

Una posible explicación del por qué fueron colectados en sustratos como Ribera y Vegetación Ribera es porque quizá eran transeúntes, salían del agua para volar hacia otros cuerpos de agua, eran adultos que recién emergían de su pupa y volvían al agua o eran larvas maduras próximas a pupar, pues estos organismos buscan sitios protegidos por encima de la línea de flotación o simplemente esperan en el borde del arroyo hasta que el nivel del agua desciende lo que les permite pupar in situ (Brown, 1987).

En consecuencia, los resultados encontrados son acordes con los reportes que hasta el momento se han hecho para este grupo, lo cual está asociado con aspectos de su biología como ser organismos de hábitos sedentarios que viven adheridos a gran variedad de microhábitats como grava, rocas, raíces de árboles, hojarasca, troncos, vegetación y musgos acuáticos, además, de presentar un amplio rango de distribución altitudinal y espacial (Arias-Díaz, et al. 2007).

8.2. Distribución altitudinal

De acuerdo con la información disponible en la base de datos se estableció el rango altitudinal de la familia Elmidae para la CIA-UPN por departamento (ver figura 4) reportando para Boyacá alturas entre los 3115 msnm y 148 msnm, Cundinamarca entre los 3000 msnm y 950 msnm, Huila entre los 2250 msnm y 1660 msnm, Quindío entre los 1900 msnm y 1850 msnm, Tolima entre 495 msnm y 170 msnm y los departamentos de Risaralda, Caquetá y Chocó reportan una sola altura de 2600 msnm, 520 msnm y 129 msnm respectivamente, esto corresponde con los reportes para Elmidae en Colombia desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm (González-Córdoba, et al. 2020a) asimismo, el mayor registro y distribución de Elmidae corresponde a la región Andina, no obstante, la mayor riqueza de géneros se encuentra en la Amazonía, la Orinoquía y la transición andina en el piedemonte de la cordillera Oriental, puesto que allí se encuentra la mayoría de los géneros de distribución restringida, (González-Córdoba, et al., 2020b) en consecuencia, para continuar aportando al conocimiento de la familia es necesario ampliar la investigaciones y muestreos a otras regiones del país.

Los rangos de distribución altitudinal más amplios corresponden a los géneros *Austrelmis*, *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Neoelmis* y *Microcylloepus*, patrón que se repite en otras regiones para estos géneros (González-Córdoba, et al. 2016b) por lo que se infiere que probablemente el mayor porcentaje de representatividad para la CIA-UPN corresponde a dichos géneros.

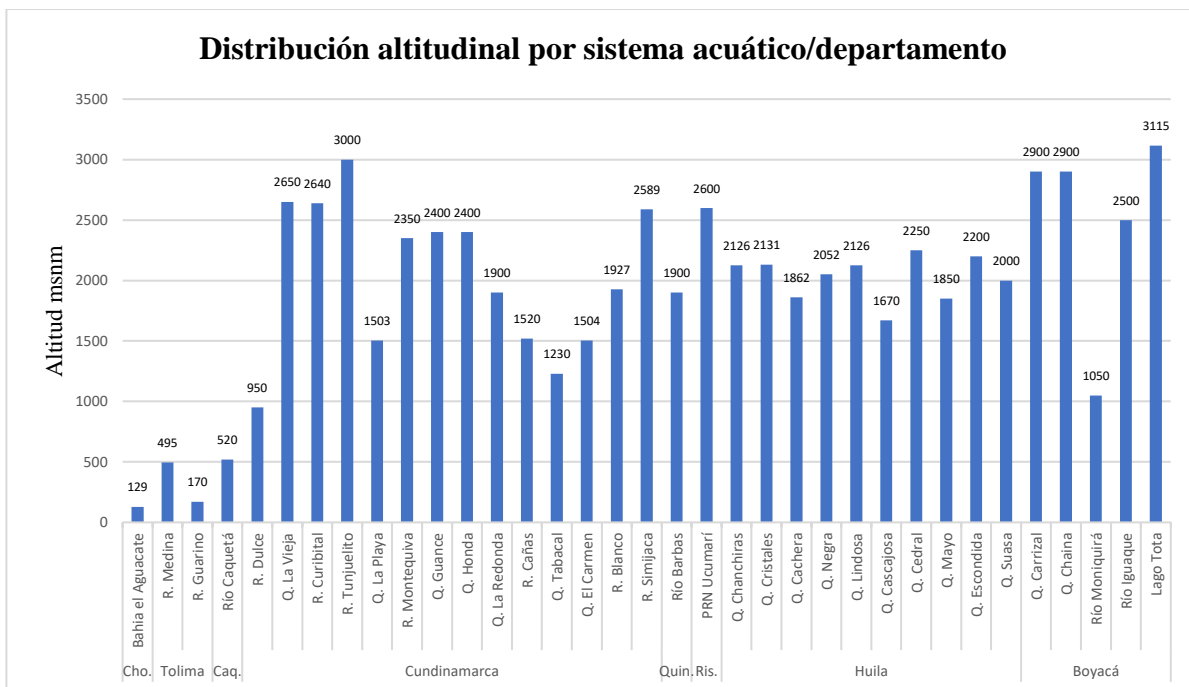


Figura 4. Registro altitudinal de la familia Elmidae por departamento

Además, se estableció por diferentes rangos de altura la cantidad de individuos (ver figura 5) registrados en la CIA-UPN indicando que el mayor porcentaje de élmidos corresponde a alturas entre los 3115 y 2000 msnm con 55% (737 individuos) seguido de 43% (572 individuos) en alturas entre 1999 y 1000 msnm, estos valores indican que la mayoría de los muestreos se han realizado en cuerpos acuáticos de alta montaña, sin embargo, no es posible realizar un análisis más detallado debido a que no se tiene el registro de altura por género.

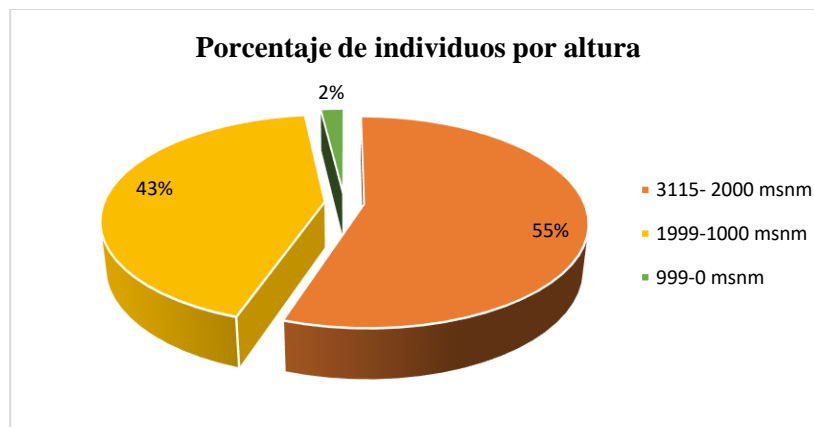


Figura 5. Porcentaje de individuos en diferentes rangos de altura

8.3. Fisicoquímica del agua

De las variables físicas y químicas que se extrajeron de los diferentes trabajos de grado que reportaron elmidos se construyó una matriz (anexo 2) con 21 variables de las cuales solo se tuvieron en cuenta: Temperatura, pH, Turbidez, Sólidos disueltos, Oxígeno disuelto, Conductividad, Dureza, dado que los muestreos reflejan que se tuvieron en consideración diferentes parámetros por lo que hay grandes vacíos en los datos y por ende se excluyeron para este análisis.

Por otro lado, de acuerdo con la identificación de especímenes de la familia Elmidae dentro de la CIA-UPN se encontraron los géneros *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Neoelmis*, *Notelmis*, *Onychelmis*, *Phanocerus* y *Xenelmis*, para hacer un análisis relacionado con las variables fisicoquímicas es necesario tener los datos asociados que se encuentran en las etiquetas de los viales para así poder establecer relaciones y corroborar lo reportado en la literatura o quizá realizar un hallazgo nuevo, sin embargo, como dicha actividad no fue posible realizar se hará un análisis descriptivo, así:

Teniendo como referencia la investigación de González-Córdoba, et al. (2020a) se encontró que Elmidae se distribuye en aguas muy limpias hasta aguas moderadamente contaminadas por lo que es sensible a las alteraciones de su hábitat y la calidad ecológica del agua, sin embargo, este estudio concluyó que los géneros tienen respuestas particulares de acuerdo con las condiciones de su hábitat y los factores de perturbación. A nivel de familia, se halló que parámetros como: conductividad, alcalinidad, turbidez, nitratos, nitrógeno amoniacal y fósforo, influyen en la riqueza de Elmidae en arroyos colombianos y variables como temperatura, pH, nitrógeno total, nitritos, fosfatos, dureza, DBO y conteos bacterianos, no ejercen un efecto significativo sobre la diversidad de la familia (González-Córdoba, et al. 2020a).

Relacionado con lo anterior, en términos generales los élmidos se encuentran en aguas con porcentajes de saturación de oxígeno mayores al 100 % (sobresaturadas) sin un valor máximo que imposibilite su supervivencia por lo tanto, los valores inferiores en la concentración (mg/L) de oxígeno dependen de la sensibilidad de cada género a la hipoxia, los géneros *Macrelmis*, *Neoelmis*, *Notelmis*, *Onychelmis* y *Phanocerus* se pueden encontrar en aguas con valores de oxígeno disuelto entre 4 y 5 mg/l, *Xenelmis* tiene una alta afinidad por porcentajes de saturación de oxígeno altos por encima del 90% y además, *Heterelmis* se muestra tolerante a la hipoxia ($\geq 5\text{mg/L}$ de O_2) (González-Córdoba, et al., 2020a). Ahora bien, para la CIA-UPN se reportaron valores de oxígeno disuelto entre 9.06 y 1.3 mg/L esto indica que la mayoría de las quebradas en donde se realizaron muestreos son ecosistemas de aguas limpias y corrientes rápidas o cuerpos acuáticos con moderada contaminación pues en los sistemas acuáticos con valores de oxígeno disuelto por debajo de los 5mg/L como el caso del Río Dulce (Villeta, Cundinamarca) se reportó únicamente 1 individuo lo que quiere decir que la presencia de Elmidae disminuye.

Por su parte, los sólidos suspendidos y la disposición de sedimentos afectan significativamente la presencia de los élmidos, los géneros *Phanocerus* y *Xenelmis* son más sensibles al aumento de los sólidos no solubles, por el contrario, *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Notelmis* y *Onychelmis* toleran mayores cantidades de esta variable (González-Córdoba, et al., 2020a). Según los datos de la CIA-UPN se reportó un valor máximo de 180 mg/l en el río Dulce del municipio de Villeta (ver anexo 2) de acuerdo con las autoras de la investigación esto puede estar relacionado con la carga extra de materia orgánica proveniente de los vertederos de aguas residuales lo que ocasiona un aumento en la concentración iónica del agua (Latorre y Montaña, 2004) en consecuencia, las autoras reportaron en total un 0.25% (14 individuos) de abundancia de élmidos los cuales fueron colectados principalmente en hojarasca por lo tanto se infiere que

posiblemente los géneros presentes pueden ser *Heterelmis* o *Macrelmis* dado que son géneros que habitan dicho coriotopo y además son tolerantes a grados moderados de contaminación (González-Córdoba, et al., 2020a). El valor mínimo de sólidos disueltos fue de 1.4 mg/l correspondiente a la Quebrada Empedrada (Boyacá) lo cual corresponde a aguas oligotróficas (Roldán, 2008).

Por otro lado, los élmidos se pueden encontrar en aguas con poca turbidez (≈ 10 UNT) sin embargo, *Heterelmis* género que es poco sensible a la contaminación se encuentra en aguas con cerca de 25 UNT (González-Córdoba, et al. 2020a) en consecuencia para la CIA-UPN en un estudio realizado en el río Juiquín (Flórez y Pérez, 2013) se reporta un valor máximo de turbidez de 28 UNT y una abundancia relativa del 6% de Elmidae, por lo que se infiere que posiblemente los especímenes colectados correspondan a *Heterelmis*. Entre tanto, los valores de turbidez más representativos están entre los 9.7 y 0.65 UNT lo cual corresponde a lo reportado por González-Córdoba, et al. (2020a) esto demuestra la importancia de llevar a cabo estudios a nivel genérico para esta familia y así poder realizar análisis más completos. En cuanto a la temperatura Elmidae sobrevive a diferentes rangos desde espectros estrechos hasta muy amplios desde los 10 °C hasta los 27 °C, géneros como *Phanocerus* y *Xenelmis* sobreviven a rangos amplios de esta variable entre los 15 y 27 °C, *Notelmis* entre 12 y 22 °C, mientras que *Macrelmis*, *Neoelmis* y *Heterelmis* sobreviven en rangos de temperatura muy amplios y habitan tanto aguas frías como cálidas desde los 10 °C hasta los 25°C, incluso hasta 27°C como *Heterelmis* (González-Córdoba, et al., 2020a), esto corresponde con los datos que se tiene en la CIA-UPN reportando temperaturas máximas entre los 27,69°C y valores mínimos entre los 9.02°C lo cual indica que es un grupo con amplia distribución.

Por su parte, según Machado y Roldán (1981) el pH en los sistemas acuáticos no debe ser menor de 4.5 ni mayor de 8.5 siendo valores límites para la supervivencia de la mayoría de los

organismos acuáticos, de acuerdo con los datos que se tienen para la CIA-UPN se registró un valor de 4.18 lo cual indica que la composición del suelo es de origen volcánico y presenta abundante materia orgánica en descomposición (Roldán y Ramírez, 2008). Los valores máximos de pH para la CIA-UPN están entre 6.0 y 8.3 los cuales corresponden al pH propio de agua naturales neotropicales los cuales varían entre 6.0 y 9.0 (Roldán y Ramírez, 2008). Ahora bien, según González-Córdoba, et al. (2020a) hay géneros propios de aguas ácidas como *Gyrelmis*, *Hexacylloepus*, *Neolimnius*, *Stegoelmis*, *Tyletelmis* y *Xenelmis*, con pH alrededor de 6 unidades y algunos géneros propios de aguas más alcalinas (entre 7.5 y 8.5 unidades de pH) como *Pseudodisersus*, *Pharceonus*, *Onychelmis*, *Notelmis* y *Austrelmis*. De acuerdo con la revisión de trabajos de pregrado de la CIA-UPN se logró identificar que en las quebradas en las cuales los valores eran inferiores a 6.0 se registró poca abundancia de Elmidae, no obstante, es necesario revisar y relacionar los datos asociados a las etiquetas además de corroborar las identificaciones de los especímenes a nivel de género para establecer relaciones más precisas entre la literatura y los datos de la CIA-UPN.

Para la conductividad el valor máximo registrado en la CIA-UPN fue de 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el valor mínimo de 2.28 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores corresponden a los reportes para aguas tropicales de montaña en las cuales la conductividad es muy baja (aguas oligotróficas) (Roldán, 2012) esto indica que Elmidae se encuentra en aguas con índices bajos de contaminación (González-Córdoba, et al. 2020a). Finalmente, dentro de los rangos de dureza reportados en la CIA-UPN se registró un valor máximo de 128 mg/L CaCO_3 , clasificadas como aguas duras y un valor mínimo de 2 mg/L CaCO_3 indicativo de aguas blandas pues se ubican en el rango de 0 – 75 mg/L dicha variación está relacionada con los periodos de precipitación de cada cuerpo acuático pues se pueden presentar altos valores de dureza y luego por efecto de dilución o arrastre de minerales la dureza puede

disminuir. En ese sentido, según el estudio de González-Córdoba, et al., (2020a) hay una tendencia general de la presencia de Elmidae en aguas blandas sin embargo, géneros como *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Neoelmis* y *Notelmis* toleran grados medios a altos de contaminación por mineralización lo que confirma que para realizar análisis más completos de la relación entre los fisicoquímicos y el ensamblaje de los élmidos es necesario continuar con el trabajo de curaduría en la CIA-UPN.

8.4 Géneros presentes en la CIA-UPN

Durante el voluntariado y pasantía realizada en el 2019 y 2020 se realizó la observación e identificación tanto de larvas y adultos de élmidos presentes en la CIA-UPN, para la identificación se tuvieron en cuenta claves taxonómicas de Archangelsky, et al. (2009), González-Córdoba, et al. (2015), Manzo (2005), como resultado se logró identificar los géneros *Neoelmis*, *Heterelmis*, *Phanocerus*, *Xenelmis* y *Macrelmis*, (ver anexo 3) teniendo como apoyo durante la contingencia por la pandemia fotografías que se recuperaron de la base de datos realizada por Arias (2012) por lo tanto, dichas identificaciones requieren ser revisadas en la colección con el fin de confirmar y corregir los géneros y con ello poder actualizar la base de datos de la CIA-UPN.

Dentro de la búsqueda de información para este trabajo se halló que en la investigación de González-Córdoba, et al. (2016a) se identificó material biológico de la CIA-UPN específicamente de la familia Elmidae reportando dos especies de los géneros de *Notelmis* y *Onychelmis* (Tabla 1) en los departamentos de Cundinamarca y Huila.

Tabla 1. Especies de la CIA-UPN reportadas en la investigación de González-Córdoba, et al. (2016a)

Especies en la CIA-UPN		
Género	Especie	Datos
Notelmis Hinton, 1941	Notelmis bifoveolata Delève, 1968	Cundinamarca. 2♀♀, Gachetá, río Montequiva, N 4,8462, O -76,6146, 2350 msnm, 2/11/2003, sustrato: hojarasca, L. Gordillo col. (CIA-UPN).
		Huila. 3♂♂, Palestina, PNN Cueva de los Guácharos, quebrada Chánchiras, N 1,61545, O -76,10240, 1854 msnm, 6/03/2007, sustrato: musgo, M. Moreno, M. Rodríguez cols. (CIA-UPN). 1♀,1♂, Acevedo, PNN Cueva de los Guácharos, quebrada Lindosa, N 1,5982 O -76,1072, 2126 msnm, 5/04/2007, sustrato: musgo, M. Moreno, M. Rodríguez cols. (CIA-UPN).
Onychelmis Hinton, 1941	Onychelmis leleupi Delève, 1968	Huila. 1♂1♀ Palestina, Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, quebrada La Cascajosa, N 1,75561, O -76,16432, 1670 msnm, 09/03/2004, sustrato: musgo, S. Pérez, I. Romero cols. (CIA-UPN).

Es por ello, que se resalta la importancia de las alianzas con otras instituciones, investigadores y expertos para realizar consultas con el material biológico y además, para confirmar, corregir o precisar las identificaciones que realicen los estudiantes de manera que la colección sea reconocida como un espacio para la investigación de la biodiversidad en los

ecosistemas acuáticos y con ello se puedan obtener nuevamente permisos de colecta y se reactiven los estudios limnológicos y de allí nazcan estrategias educativas que posibiliten la enseñanza y aprendizaje de diversas temáticas en torno a los insectos acuáticos y su ecología.

Por otro lado, durante la revisión de los trabajos de grado de la CIA-UPN se halló que en las investigaciones de Ruiz (2004), Quiroga y Espitia (2006) y Cañón y Suarez (2009) se identificaron los géneros *Cleptelmis* y *Optioservus*, sin embargo, de acuerdo con González-Córdoba, et al. (2020b) estos grupos han sido registrado erróneamente en trabajos ecológicos y no se encuentran en el país pues son géneros neárticos. Esto refleja la importancia de revisar los especímenes con el fin de corroborar y precisar las identificaciones de los géneros que han sido reportados en la CIA-UPN.

8.5. Recurso educativo digital

Para la divulgación de los resultados producto de esta investigación y del estado del conocimiento de la familia Elmidae en Colombia se construyó una página web llamada: “Elmidae de Colombia”, que permitió mostrar a la comunidad la importancia intrínseca y extrínseca de estos coleópteros a partir de contenido claro y sencillo para ello se realizaron una serie de videos cortos con el fin de explicar características y aspectos ecológicos tanto de los coleópteros acuáticos como de la familia Elmidae, cabe resaltar que parte del contenido se apoyó de fotografías de la base de datos de Arias (2012) y extraídas de otras páginas web, así como material filmico de YouTube, como una forma de acercar a las personas lo mejor posible a los escarabajos acuáticos y la familia Elmidae particularmente. El sitio web cuenta con 8 pestañas (Anexo 4) así:

- 1. Coleópteros acuáticos:** Esta pestaña está dedicada a las generalidades de los escarabajos acuáticos, para ello se realizaron 4 videos cortos en donde se incluyó: ¿Qué es un escarabajo acuático?; Cómo identificar un escarabajo; Ecología de los escarabajos

acuáticos y las Principales familias de escarabajos acuáticos, esto con el propósito de familiarizar a los visitantes con este grupo de insectos y sus características a nivel general.

2. **Familia Elmidae:** En esta sección se abordaron las características generales de la familia, además de una descripción detallada de las subfamilias Elminae y Larainae con sus respectivos géneros y finalmente los hábitos ecológicos como reproducción, alimentación, distribución, hábitat y adaptaciones al medio acuático, para que los visitantes conozcan con más detalle esta familia y reconozcan en la medida de lo posible su importancia en los ecosistemas acuáticos.
3. **Colección de Insectos Acuáticos CIA-UPN:** Esta sección contiene información relacionada con la Colección de Insectos Acuáticos CIA-UPN y los resultados producto de esta investigación además, se incluyeron una serie de fichas con información taxonómica y ecológica de algunos géneros que fueron identificados durante la pasantía realizada en el año 2020.
4. **¿Sabías qué?:** En esta sección se presentan una serie de datos curiosos con el fin de brindar la mayor cantidad de información referente a los coleópteros acuáticos y así fomentar en los visitantes el interés y motivación por indagar sobre este grupo de insectos.
5. **Blog:** Esta sección se propone como un espacio de interacción con las personas que visitan el sitio para ello se publicaron tres entradas con preguntas en las que se pretende que las personas realicen y expresen sus dudas, comentarios y observaciones relacionadas con el contenido del sitio, además, se abrió un espacio para que los visitantes comenten sus experiencias con los escarabajos esto con el fin de no solamente poder interactuar sino también como una forma de incentivar la curiosidad por los insectos especialmente de los escarabajos y la familia Elmidae.

6. **Acerca de:** Es importante incluir dentro del esquema general de la página web una corta presentación del investigador/a o creador/a del sitio, incluyendo una corta historia que explique la creación de dicho recurso digital esto para que los visitantes conozcan el propósito de la página.
7. **Contacto:** Siendo las páginas web una herramienta que permite conocer personas que deseen conocer más sobre los coleópteros acuáticos, además de crear alianzas y conocer otros investigadores, se creó esta sección para que los visitantes se pongan en contacto con el administrador/a enviando un mensaje a través de un formulario.
8. **Glosario y Referencias:** En esta sección se incluyó un glosario con los términos que pueden ser desconocidos por los visitantes no especializados así como las referencias utilizadas para realizar el contenido del sitio web.

En ese sentido, esta página o sitio web se presenta no solamente como un recurso con el propósito de divulgar información relacionada con el trabajo adelantado en la CIA-UPN, sino también como una herramienta que pueda ser utilizada como material didáctico para los maestros en formación de la Licenciatura en Biología así como para entusiastas de los insectos. Del mismo modo, esta página web nace como una forma de hacer extensivo el conocimiento científico a fin de que se promueva la reflexión sobre el cuidado y protección de estos organismos que desafortunadamente son desconocidos y de los ecosistemas acuáticos. Además, se enfatiza en la importancia de las colecciones biológicas como repositorios que contienen parte del patrimonio natural del país aportando a través de la investigación a la construcción del conocimiento científico y de estrategias en torno a la biodiversidad.

El enlace del sitio o página web es: <https://waterbeetles.wixsite.com/elmidacolombia>

9. Conclusiones

Sin lugar a duda las colecciones biológicas aportan al conocimiento biológico de los diferentes grupos taxonómicos del país, en ese sentido la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN) se consolida como un espacio que posibilita la investigación de los diferentes grupos de macroinvertebrados contenidos allí, abarcando disciplinas como la taxonomía, ecología, biogeografía, limnología, entomología, contribuyendo así a la construcción del conocimiento científico y como parte de las estrategias del Departamento de Biología en la formación de maestros investigadores, así mismo se destaca la CIA-UPN como un lugar el cual brinda la oportunidad de contribuir a partir de la creación de estrategias y material de carácter educativo y de divulgación para la enseñanza de temas relacionados con la biología, los cuales constantemente se están adaptando y adecuando de acuerdo con las necesidades actuales de la escuela y de los espacios educativos no formales.

Una de las cualidades que posee la CIA-UPN es que ofrece a los maestros en formación la oportunidad de incrementar habilidades científicas como la observación, manipulación de instrumentos, descripción e identificación de especímenes, formulación de hipótesis y análisis de datos ecológicos, todo ello a través de talleres, laboratorios, voluntariados y pasantías. En ese sentido, el material biológico contenido en la CIA-UPN y los datos asociados arrojan información importante sobre los ecosistemas acuáticos en un tiempo específico, reflejando los cambios que han sufrido a causa de las problemáticas ambientales que han perjudicado a los organismos diezmando poblaciones, es por ello que se resalta la importancia y urgencia crear e implementar estrategias educativas en torno a la conservación tanto de los organismos como de los ecosistemas y además de continuar con los procesos de curaduría tanto de los especímenes como de los datos

y así actualizar y organizar la información de forma periódica y también corroborar, corregir o precisar las identificaciones de los organismos.

Se destacan las prácticas de campo como parte fundamental en la formación en investigación de los maestros de biología puesto que a través de estas ha sido posible llevar a cabo procesos de colecta de especímenes y toma de datos ambientales y fisicoquímicos en diferentes cuerpos acuáticos, los cuales potencian habilidades científicas y posibilitan articular la parte teórica con la práctica tanto de los instrumentos y herramientas que se utilizan como del reconocimiento ecológico, biológico y educativo de los distintos grupos taxonómicos y que ofrecen distintas oportunidades investigativas en el desarrollo de estrategias de enseñanza-aprendizaje de la ecología y biología.

A partir del proceso de curaduría, revisión y organización de los datos disponibles en las bases de datos de la CIA-UPN fue posible realizar un análisis descriptivo, en donde se halló que para el orden Coleoptera, Elmidae representa la familia con mayor número de individuos con 1427 (66%) entre larvas y adultos, los cuales han sido colectados en 8 departamentos entre los años 2002 y 2013 a partir de diferentes investigaciones como trabajos de pregrado, prácticas de campo y proyectos realizados en el Departamento de Biología. De igual manera, la información extraída y recuperada de los diferentes trabajos de pregrado relacionados con macroinvertebrados acuáticos permitieron establecer relaciones y similitudes con la literatura disponible y el conocimiento de la familia Elmidae en Colombia como por ejemplo la dominancia del grupo en microhábitats o coriotopos como Hojarasca, Piedra Corriente Rápida y Piedra Corriente Lenta, del mismo modo, se estableció el rango altitudinal de la familia desde los 129 hasta los 3115 msnm lo cual indica que Elmidae es un grupo de amplia distribución en los diferentes cuerpos de agua en el país.

Por su parte, los datos fisicoquímicos resaltaron la importancia de esta familia como posible bioindicador de la calidad del agua en tanto Elmidae es sensible a las alteraciones del hábitat debido a los requerimientos del grupo en parámetros como oxígeno disuelto, turbidez, sólidos disueltos y suspendidos, sin embargo, cada género tiene respuestas particulares a las condiciones en su hábitat y los factores de perturbación, por lo que es necesario continuar con la curaduría e identificación de especímenes de la CIA-UPN para así realizar análisis más precisos. Por otro lado, los datos fisicoquímicos fueron en gran medida insuficientes pues solo se tuvieron en cuenta algunas variables dejando por fuera parámetros como nitratos, nitrógeno amoniacal y fósforo, los cuales de acuerdo con la literatura influyen en la riqueza de los élmidos. En ese sentido, se reconoce la importancia de registrar tanto los datos de colecta como los fisicoquímicos del agua, de manera que sea posible desarrollar investigaciones más completas a nivel ecológico.

Ahora bien, los coleópteros acuáticos son organismos fundamentales para los ecosistemas acuáticos por lo que continuar adelantando investigaciones en torno a su taxonomía y ecología permitirá en un futuro crear o modificar los índices de evaluación de la calidad del agua ya existentes, si bien el alcance de esta investigación no permitió contribuir a resolver los vacíos frente a la taxonomía de la familia Elmidae, posibilitó por el contrario relacionar y corroborar con la literatura disponible el conocimiento frente al grupo, siendo parte fundamental los trabajos de los estudiantes del grupo de investigación CASCADA pues no solamente fue posible revisar, recuperar y organizar los datos, sino que se realizaron correcciones frente a algunas identificaciones a nivel de género que se habían registrado. De igual manera, a través de los escarabajos acuáticos y la familia Elmidae es posible abordar diferentes temáticas relacionadas con la biología y ecología como por ejemplo redes tróficas, mutualismo, parasitismo, grupos funcionales, reproducción, ciclos de vida, características de los sistemas acuáticos, incluso es

posible integrar saberes locales y culturales, de manera que el valor de estos organismos y en general de los macroinvertebrados acuáticos que reposan dentro de la CIA-UPN en términos educativos es fundamental para poder desarrollar estrategias relacionadas con la conservación.

Por otro lado, las restricciones en el ingreso a la CIA-UPN debido a la contingencia por la pandemia permitieron cuestionar el cómo es posible divulgar la información y el conocimiento que constantemente se está construyendo en este espacio de manera que se resalta la importancia de comenzar a digitalizar tanto las bases de datos como los especímenes de la CIA-UPN y además, dar a conocer los múltiples materiales y recursos educativos producto de las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo en la CIA-UPN desde su establecimiento así como, propender por la divulgación a través de recursos digitales, hallazgos de suma importancia como por ejemplo, la descripción de nuevas morfoespecies para el orden Trichoptera. Todo esto demuestra que aún queda mucho trabajo por adelantar y que el valor de la CIA-UPN como repositorio del patrimonio natural es incalculable.

De acuerdo con lo anterior, la divulgación del trabajo realizado en las colecciones biológicas es parte importante para la construcción de la ciencia, pues a través de esta, es posible hacer extensivo el conocimiento sobre la biodiversidad y con ello construir y fortalecer los lazos entre la comunidad y la ciencia de manera que se incentive y motive a las personas a que indaguen, se cuestionen, reflexionen e investiguen sobre las diferentes formas de vida que habitan en los ecosistemas de Colombia. Por esta razón, es necesario continuar en la búsqueda de estrategias que permitan hacer extensivo el conocimiento que constantemente se está generando en las colecciones biológicas, siendo la divulgación a través de las herramientas virtuales parte fundamental para poder materializar dicho objetivo en esta nueva realidad postpandemia.

Adicionalmente, si bien los diferentes recursos o materiales de carácter educativo y de divulgación como fichas, guías ilustradas, software para bases de datos y claves taxonómicas, entre otros, hacen parte de las múltiples estrategias que pueden diseñarse a partir de la investigación en la CIA-UPN, vale la pena resaltar que muchas de estas estrategias con el paso del tiempo quedan olvidadas y archivadas en un repositorio, de manera que no son aprovechadas y muchas de estas se vuelven obsoletas y por lo tanto no aplicables a largo plazo, en ese sentido se resalta la importancia de implementar estrategias a través de los recursos educativos digitales, con el propósito de divulgar todo el material para que más personas hagan uso de este y con ello recuperar todos estos recursos que resultan ser muy importantes, además como material de apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la biología.

Finalmente, pese a las dificultades y limitaciones para llevar a cabo esta investigación, las bases de datos y las fotografías de la CIA-UPN fueron una herramienta fundamental para poder realizar los análisis y la identificación de algunos de los géneros presentes en la colección, además, la construcción de un sitio web, para la divulgación del conocimiento relacionado con la familia Elmidae y los resultados de esta investigación constituyó un recurso de gran utilidad, por lo que se resalta la importancia de continuar adelantado y mejorando las herramientas, como por ejemplo la toma de macrofotografías de los especímenes, y así poder mostrar a la comunidad los productos y trabajos que se llevan a cabo dentro del grupo de investigación CASCADA y de la CIA-UPN.

10. Recomendaciones

Siendo las colecciones biológicas repositorios que contiene parte del patrimonio natural de un lugar, es indispensable sumar esfuerzos para continuar con la creación y desarrollo de prácticas, trabajos de pregrado, proyectos, semilleros que posibiliten la investigación relacionada con estudios limnológicos, macroinvertebrados y de estrategias educativas en torno a la enseñanza de la ecología y ecosistemas acuáticos, además, es fundamental continuar con la curaduría y sistematización de la información asociada a los especímenes en bases de datos, de manera que pueda ser publicada en portales como el SiB Colombia y GBIF y así aportar en el inventariado de la biodiversidad en el país.

Es necesario revisar los especímenes de la familia Elmidae contenidos en la CIA-UPN con el fin de corregir las identificaciones y corroborar lo planteado en este trabajo de investigación, además, se resalta que la curaduría del material biológico que reposa en la colección es importante pues a través de esta labor es posible evitar el deterioro de los especímenes y de los datos asociados en las etiquetas, de tal manera que sea posible adelantar nuevas investigaciones y con ello aportar al conocimiento biológico del patrimonio natural del país y la enseñanza de los sistemas acuáticos y de la biodiversidad.

Por último, es fundamental a la hora de realizar colecta de organismos tomar nota de datos asociados al espécimen (fecha, altitud, coriotopo, sistema acuático) así como los parámetros fisicoquímicos y ambientales del lugar donde se realizó la colecta, de manera que en investigaciones posteriores sea posible recuperar la mayor cantidad de información y con ello poder realizar análisis más completos relacionados con aspectos ecológicos como grupos funcionales, gremios tróficos que permitan analizar la sensibilidad de los especímenes a los cambios ambientales.

11. Referencias

- Afanador, H., Garavito, H., García, L. y Valbuena, E. (2019). *Potencial tecnológico de una página web para la enseñanza y aprendizaje de la biología*. [Ponencia]. XXI Encuentro Internacional Virtual Educa Perú.
- Aguilera Giraldo, I. y Vásquez- Ramos, J. (2019). Distribución espacial y temporal de Elmidae (Insecta: Coleoptera) y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el río Ocoa, Meta, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 43(166), 108-119. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.833>
- Archangelsky, M. Manzo, V. Michat, M y Torres, P. (2009). Capítulo 14 Coleóptera. En E. Domínguez y H. Fernández. (Ed), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología* (pp. 411-468). Fundación Miguel Lillo.
- Andrade, M., Henao, E., y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de Mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea – Papilionoidea). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 37(144), 311-325.
- Arias-Díaz, D., Reinoso-Flórez, G., Guevara-Cardona, G., Villa-Navarro, F. (2007). Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). *Caldasia*. 29(1), 177-194.
- Arias, L. (2012). *Estructuración y validación de la base de datos para los órdenes Trichoptera y Coleoptera de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA), del Departamento de Biología*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Balke, M. Jäch, M. y Hendrich, L. (2004). Insecta: Coleóptera. En C. Yule y Y. Hoi Sen. (Ed), *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region* (pp. 555-609). Monash University Malaysia.

- Brown, H.P. (1987). Biology of Riffle Beetles. *Annual Review of Entomology*. 32(1), 253-273.
- Cadena, M. (2016). *Aspectos taxonómicos y ecológicos de los coleópteros acuáticos de la cuenca del río Anchique (Tolima, Colombia)* [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio Institucional.
- Calderón, L. y Correa, K. (2020). *Las Larvas del Género Atopsyche (Hydrobiosidae: Trichoptera) en la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) de la Universidad Pedagógica Nacional: Aspectos Taxonómicos y su Relación con Factores Ecológicos*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12234>
- Cañón, S., y Suarez, J. (2009). *Diseño y Elaboración de una Guía Ilustrada de la Entomofauna Acuática de Sistemas Lóticos del Santuario de Flora y Fauna De Iguaque*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Centurión, P., y Pardo, J. (2013). *Clave Taxonómica de Identificación Virtual de la Colección de Insectos Acuáticos del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/2010>
- Claudio-García, L. y Burgos, L. (2006). Importancia educativa y didáctica de las colecciones fitopatológicas. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*.
- Crowson, R.A. (1981). *The Biology of Coleoptera*. Academic Press.
- Darrigran, G. (2012). Las Colecciones Biológicas: ¿para qué? *Revista de Divulgación de las Ciencias Biológicas y su Enseñanza* (23), 28-31.
- Dávila, D., Galvis, A. y Vivas, R. (2015). Sitio web como estrategia de enseñanza en la educación para la sostenibilidad. *Praxis & Saber*, 6(11), 115-138.

- Delgadillo, I. y Góngora, F. (2009). Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2(3), 148-157. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.2num.3bio-grafia131.140>
- Fernández, F. Muñoz, Y. Simmons y J. Samper, C. (2005). La Gestión en la administración de las colecciones biológicas. En J, Simmons y Y, Muñoz. (Ed), *Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas*. (pp.189-206). Universidad Nacional de Colombia.
- Ferrer, R. (2005). Diseño de páginas web en educación. *Tendencias Pedagógicas 10*, 199-220.
- Flórez, L., y Pérez, J. (2013). *Aproximación a la determinación de la calidad ecológica en un sector del río Juiquín (Junín - Cundinamarca) mediante la entomofauna acuática*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1838>
- García-Robledo, C.; Kuprewicz, E.K.; Baer, C.S.; Clifton, E.; Hernández, G. G.; Wagner, D. L. (2020). The Erwin equation of biodiversity: From little steps to quantum leaps in the discovery of tropical insect diversity. *Biotropica* 52(4), 590-597.
- García, Y. (2016). *Los Ephemeroptera de la Colección de Insectos Acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional: Una sistematización de los factores ecológicos y composición taxonómica*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1748>
- Girón, J. (2018). Capítulo 7 Estado del conocimiento de la familia Hydrophilidae (Coleoptera: Hydrophiloidea) en Colombia. En C. Deloya y H-J. Gasca. (Ed), *Escarabajos del Neotrópico (Insecta: Coleoptera)* (pp. 55-79). Corporación Sentido Natural.

- Girón, J. C., Amat-García, G., Botero, J. P., Cardona-Duque, J., Clavijo-Bustos, J., Díaz-Durán, C., García Concha, J. H., García, K., López Murcia, W., Lugo De La Hortúa, A., Neita Moreno, J. C., Ramírez-Salamanca, J. M., Taboada-Verona, C., Uchima Taborda, D. y Viasus-Bastidas, A. (2021). Consideraciones Sobre El Estado Del Conocimiento De La Diversidad De Coleoptera (Arthropoda: Insecta) En Colombia. *Revista Colombiana De Entomología* 47(2), 1-5.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M. del C. y Manzo, V. (2015). Riqueza genérica y distribución de Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 16(2), 50-74.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M. del C., Manzo, V., Giraldo, L. y Chará, J. (2016a). Notelmis Hinton y Onychelmis Hinton (Coleoptera: Elmidae: Elminae) de Colombia: Claves taxonómicas ilustradas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 16(2), 1-17.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M del C., Mosquera-Murillo, Z., y Sánchez-Vásquez, S. (2016b). Riqueza y Distribución de Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en el Departamento del Chocó, Colombia. *Revista Intropica*, 11(1), 85-95.
<http://dx.doi.org/10.21676/23897864.1865>
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M. del C., Manzo, V., Granados-Martínez, C. y Panche, J., (2019). Nuevos registros y datos de distribución de diez especies y cuatro géneros de élmidos (Coleoptera: Elmidae) para Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 23(1), 247-266.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M.C., Giraldo, L., Ramírez, Y., y Chará, J. (2020a). Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del

agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 601-622.

González-Córdoba., M, Zúñiga., M del C. y Manzo., V. (2020b). La familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en Colombia: riqueza taxonómica y distribución. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 44(171), 522-553.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1062>

González-Rodríguez, L., García-Hernández, A. y Clarkson, B. (2017). First records of water scavenger beetle species (Coleoptera, Hydrophilidae) from Quindío Department, Colombia. *Check List*, 13(5), 605–620. <https://doi.org/10.15560/13.5.605>

Hincapié-Montoya, D. (2017). Elmidae (Coleoptera) o Escarabajos de Aguas Rápidas. Una actualización para Colombia. *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luís Gallego* 9(3), 4-15.

Huanachin, A. y Huamantínco, A. (2018). Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de un gradiente altitudinal, Cusco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 25(2), 131-140.
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13818>

Jäch, M.A. (1998). Annotated check list of aquatic and riparian/littoral beetle families of the world (Coleoptera). *Water Beetles of China*, 2, 25-42.

Jäch, M.A. y Balke, M. (2008) Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 419–442.

Latorre, I. y Montaña, C. (2004). *Entomofauna acuática del río Dulce (Villeta-Cundinamarca) y su relación con la calidad del agua*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.

- Laython, M. (2017). *Los Coleópteros Acuáticos (Coleoptera:Insecta) en Colombia, Distribución y Taxonomía*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional.
- Lesage, L., y Harper, P.P. (1976). Cycles biologiques d'Elmidae (Coléoptères) de ruisseaux des Laurentides, Québec. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 12(2), 139-174.
- Lozano, J. (2014). *Estudio de la distribución espacial de coleópteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado, (Tolima, Colombia)*. [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio Institucional.
- Lozano, J., Guevara-Cardona, G., y Reinoso-Flórez, G. (2018). Diversidad espacio-temporal de la familia Elmidae (Insecta: Coleoptera) en la quebrada Las Perlas (Ibagué, Colombia). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 30, 63-73.
- Machado, T. y Roldán, G. (1981). Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas*, 10(35), 3-19.
- Manzo, V. (2005). Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(3), 201-208.
- Manzo, V. (2013). Los élmidos de la región Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae): diversidad y distribución. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 72, 3-4.
- Martínez de la Vega, G. (2019). Colecciones biológicas. En: La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de Estado. (Vol. 2). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 155-160.
- Marquès, P. (1999). Criterios para la clasificación y evaluación de espacios web de interés educativo. *Educar*, 25, 95-111.

- Medellín, F. y Serrato, D. (2017). Prácticas de enseñanza alrededor de las colecciones biológicas: Hacia la configuración del museo Pedagógico de Biología. *Bio-grafia: Escritos Sobre la Biología y Su Enseñanza*, 10(19), 657-664. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7162>
- Meza, L. (2003). El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento. *Revista Virtual, Matemática Educación e Internet*, 4(2), 1-6. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/view/2296/2087>
- Millán, A., Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Picazo, F., Carbonell, J.A., Lobo, J.M. y Ribera, I. (2014). Atlas de los coleópteros acuáticos de España peninsular. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Montaño, M. Meza, A y Dias, L. (2012). La Colección Entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 16(2), 173-184. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a15.pdf>
- Mora-Ambriz, L y Fuentes-Moreno, H. (2006). El Laboratorio de Colecciones Biológicas de la Universidad del Mar: perspectivas de una colección regional. *Ciencia y Mar*, (28), 34-37.
- Murillo, Z. y Sánchez, S. (2018). Inventario preliminar de la riqueza genérica y distribución de los Coleópteros acuáticos del departamento del Chocó, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 155-165. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.674>.
- Ottoboni, M., Valente-Neto, F., Fonseca-Gessner, A. (2011). Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. *ZooKeys* 151, 53–74.

- Páez, V. (2004). El valor de las colecciones biológicas. *Actualidades Biológicas*, 26(81).
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/issue/view/2809>
- Passos, M., Nessimian, J. y Dorvillé, L. (2003). Life strategies in an elmid (Insecta: Coleoptera: Elmidae) community from a first order stream in the Atlantic Forest southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasileira*, 15(2), 29-36.
- Quiroga, D., y Espitia, C. (2006). *Aspectos ecológicos de la entomofauna acuática en las quebradas la Empedrada y los Francos del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque (Boyacá)*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Rabanaque, C. y Darrigran, G. (2017). Las Colecciones Biológicas del Museo: "Una Reserva Educativa Virtual" [Objeto de Conferencia]. I Congreso Iberoamericano de Museos Universitarios y II Encuentro de Archivos Universitarios.
- Ramírez, G. (2014). *Cartilla clave taxonómica para los órdenes Trichoptera y Coleoptera de la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1866>
- Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en psicología, Revista de la Facultad de Psicología y Humanidades*. 23(1), 9-17.
- Rey, I. (2013). Museos, colecciones científicas y ADN. *Memorias Revista de la Sociedad Española de Historia Natural*. (11), 53-68.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Ruiz, C. (2004). *Influencia de las variables hidrológicas en la deriva de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada la Playa del Parque Natural Chicaque (municipio de San Antonio del Tequendama- Cundinamarca)*. [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Schuster, A. Puente, M. Andrada, O. y Maiza, M. (2013). La Metodología Cualitativa, Herramienta para Investigar los Fenómenos que Ocurren en el Aula. *La Investigación Educativa. Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*, 4(2), 109-139.
- Short, A. (2018). Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): current state and future directions. *The Royal Entomological Society*. 43, 1–18.
- Simmons, J. y Muñoz, Y. (Ed.). (2005). *Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Soundermann, W. (2017). *La distribución altitudinal de coleópteros acuáticos de la familia Dytiscidae, depredadores de estadios preimaginales de vectores merolimnéticos, en Colombia (Insecta: Coleoptera: Adepaga)*. [Tesis de Doctorado, Universidad de León]. Repositorio Institucional.
- Spangler, P y Santiago, S. (1987). A revision of the Neotropical Aquatic Beetle Genera *Disersus*, *Pseudodisersus*, and *Potamophilops* (Coleoptera: Elmidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*. (446), 1-40.
- Suárez, Y., Hendrich, L., García, A., Ospina, R., Prieto, C. y Balke, M. (2019). Diving beetles of the genus *Liodessus* Guignot, 1953 in Colombia, with description of three new species

(Coleoptera: Dytiscidae). *Aquatic Insects. International Journal of Freshwater Entomology* 40(2), 99-122. <https://doi.org/10.1080/01650424.2018.1538521>

Torres, L. (2005). Elementos que deben contener las páginas web educativas. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación* (25),75-83. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36802508>

Trujillo-Trujillo, E. Vargas-Triviño, P y Salazar-Fajardo, L. (2014). Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia*, 11(2), 97-106. https://www.researchgate.net/publication/305682393_Clasificacion_manejo_y_conservacion_de_colecciones_biologicas_una_mirada_a_su_importancia_para_la_biodiversidad

White, D.S. y Roughley, R.E. (2008). Aquatic Coleoptera. En R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg. (Ed), *An introduction to the aquatic insects of North America* (pp. 571–671). Kendall/Hunt Publishing Company.

12. Anexos

Anexo 1. Matriz de datos de colecta de la familia Elmidae

Departamento	Cuerpo acuático	Altitud msnm	Coriotopo	# individuos
Boyacá	Lago Tota	3115	Ribera	3
	Rio Iguaque	2500	Ribera	1
	Rio Moniquirá	1050	Cascada	2
	Q. Chaina	2500	Gravilla	1
	Quebrada Carrizal	2900	Musgo	1
	Quebrada Carrizal	2780	PCL	2
	Q. Carrizal	2500	PCL	1
	Q. Carrizal	2540	Hojarasca	15
	Quebrada Carrizal	2900	PCR	1
	Santuario de flora y fauna de Iguaque	2500	PCR	18
	Q. Chaina	2500	PCR	97
	Q. Chaina	2900	Hojarasca	1
	Q. Chaina	2540	Hojarasca	1
	Q. Chaina	2500	Hojarasca	2
	Rio Moniquirá	1050	Salpicadura	1
	Q. Chaina	2500	Vegetación Ribera	7
	Santuario de flora y fauna de Iguaque	2500	PCL	2
	Retén Militar	148	Hojarasca	7
Santuario de flora y fauna de Iguaque	2900	Hojarasca	63	
Cundinamarca	Quebrada El Carmen	1504	PCR	1
	Quebrada Guance	2100	Cascada	4
	Quebrada Guance	2101	Cascada	1
	Quebrada Guance	2400	Cascada	2
	Quebrada Tabacal	1230	Cascada	6
	Rio Cañas	1520	Cascada	4
	Rio Simijaca	2589	Cascada	1
	Quebrada Guance	2400	Gravilla	1
	Quebrada Guance	2400	Hojarasca	1
	Quebrada Guance	2100	Hojarasca	14
	Quebrada la Playa	1503	Hojarasca	1
	Quebrada la Playa	1503	Hojarasca	1
	Quebrada la vieja	2650	Hojarasca	1
	Quebrada la vieja	2640	Hojarasca	3
Quebrada la vieja	2599	Hojarasca	1	

	Quebrada Tabacal	1230	Hojarasca	20
	Rio Blanco	1927	Hojarasca	1
	Rio Cañas	1520	Hojarasca	13
	Rio Curibital	2640	Hojarasca	1
	Quebrada Tabacal	1230	Musgo	7
	Rio Cañas	1520	Musgo	7
	Rio Tunjuelito	3000	Musgo	9
	Quebrada Guance	2101	PCL	2
	Quebrada Honda	2400	PCL	1
	Quebrada la vieja	2640	PCL	4
	Quebrada Tabacal	1230	PCL	2
	Rio Dulce	950	PCL	1
	Rio Montequiva	2350	PCL	1
	Rio Simijaca	2589	PCL	3
	Rio Tunjuelito	3000	PCL	2
	Quebrada Guance	2101	PCR	1
	Quebrada la Playa	1503	PCR	3
	Quebrada la Redonda	1900	PCR	1
	Quebrada Tabacal	1230	PCR	2
	Rio Montequiva	2350	PCR	4
	Rio Tunjuelito	3000	PCR	1
	Quebrada Guance	2100	Ribera	17
	Rio Blanco	1927	Ribera	8
	Quebrada Guance	2100	Salpicadura	1
	Rio Blanco	1927	Salpicadura	5
Huila	Quebrada Cachera	1862	Hojarasca	35
	Quebrada Cachera	1862	PCR	12
	Quebrada Cascajosa	1660	Cascada	12
	Quebrada Cascajosa	1670	Cascada	8
	Quebrada Cascajosa	1670	Gravilla	17
	Quebrada Cascajosa	1660	Hojarasca	34
	Quebrada Cascajosa	1670	Hojarasca	7
	Quebrada Cascajosa	1670	Musgo	39
	Quebrada Cascajosa	1670	PCL	5
	Quebrada Cascajosa	1660	PCL	2
	Quebrada Cascajosa	1660	PCR	2
	Quebrada Cascajosa	1670	PCR	6
	Quebrada Cedral	2250	Cascada	4
	Quebrada Cedral	2250	Hojarasca	3
	Quebrada Cedral	2250	PCL	3
	Quebrada Cedral	2250	PCR	2

Quebrada Chanchiras	1820	Cascada	10
Quebrada Chanchiras	1800	Cascada	7
Quebrada Chanchiras	1854	Gravilla	3
Quebrada Chanchiras	1820	Gravilla	2
Quebrada Chanchiras	1854	Hojarasca	7
Quebrada Chanchiras	1820	Hojarasca	4
Quebrada Chanchiras	2126	Hojarasca	1
Quebrada Chanchiras	1854	PCL	45
Quebrada Chanchiras	2126	PCL	1
Quebrada Chanchiras	2126	PCR	2
Quebrada Chanchiras	1854	PCR	80
Quebrada Chanchiras	1800	PCR	4
Quebrada Chanchiras	1820	PCR	6
Quebrada Chanchiras	1800	MCR	1
Quebrada Chanchiras	1820	Musgo	12
Quebrada Chanchiras	1820	Salpicadura	2
Quebrada Chanchiras	1854	Musgo	1
Quebrada Cristales	2131	Cascada	1
Quebrada Cristales	2131	Hojarasca	66
Quebrada Cristales	2131	Musgo	4
Quebrada Cristales	2126	PCL	17
Quebrada Cristales	2126	Ribera	1
Quebrada Escondida	2200	Hojarasca	6
Quebrada Escondida	2200	MCL	47
Quebrada Escondida	2200	MCR	7
Quebrada Escondida	2200	PCL	4
Quebrada Escondida	2200	PCR	7
Quebrada Lindosa	2126	Cascada	53
Quebrada Lindosa	2126	Hojarasca	22
Quebrada Lindosa	2126	Musgo	56
Quebrada Lindosa	2126	PCL	98
Quebrada Lindosa	2126	PCR	1
Quebrada Mayo	1850	Cascada	5
Quebrada Mayo	1850	Gravilla	7
Quebrada Mayo	1850	Hojarasca	9
Quebrada Mayo	1850	MCL	8
Quebrada Mayo	1850	MCR	1
Quebrada Mayo	1850	Musgo	4
Quebrada Mayo	1850	PCL	37
Quebrada Mayo	1850	PCR	9
Quebrada Mayo	1850	Salpicadura	3

	Quebrada Negra	2052	Cascada	2
	Quebrada Negra	2052	Gravilla	2
	Quebrada Negra	2052	PCR	9
	Quebrada Suaza	2000	Cascada	7
	Quebrada Suaza	2000	HCL	2
	Quebrada Suaza	1900	MCL	11
	Quebrada Suaza	2000	Musgo	9
	Quebrada Suaza	1900	Salpicadura	1
Quindío	Rio Barbas	1850	PCR	6
	Rio Barbas	1851	Salpicadura	2
	Rio Barbas	1852	PCR	3
	Rio Barbas	1853	PCL	1
	Rio Barbas	1854	Cascada	1
	Rio Barbas	1855	PCR	1
	Rio Barbas	1855	PCL	1
	Rio Barbas	1850	Cascada	11
	Rio Barbas	1900	Deriva	1
	Rio Barbas	1900	PCR	2
Risaralda	Parque Regional Natural Ucumari	2600	PCL	7
	Parque Regional Natural Ucumari	2600	PCR	1
Tolima	Cataratas del Rio Medina	495	PCR	1
	Cataratas del Rio Medina	495	Hojarasca	3
	Cataratas del Rio Medina	495	Cascada	1
	Cataratas del Rio Medina	495	Ribera	1
	Rio Guarino	170	PCL	1
Caquetá	Rio Caquetá	520	Hojarasca	5
Chocó	Bahía el Aguacate	129	Trampas	6
No registra				92
Total				1427

Anexo 2. Matriz de fisicoquímicos extraídos de trabajos de grado del grupo

CASCADA que registraron Elmidae

Dpto.	Cuerpo de agua	Fecha	Temperatura °C	pH	Conductividad µS/cm	Sólidos totales (mg/L)	Oxígeno disuelto	Turbidez	Alcalinidad	Dureza
Huila	Q. Cascajosa	Octubre 2003	0	6.1	21	15	7	0	12	7
		Marzo 2004	0	6.2	40	24	8	0	20	8
		Septiembre 2004	0	6.8	35	24	8.31	0	24	20
		2014	22.26	7.4	11.62	30.02	8.27	0	0.35	
	Q. Chanchiras	Octubre 2003	0	5.3	12	9	4.6	0	6	4
		Marzo 2004	0	4.6	11	7	5	0	6	6
		Septiembre 2004	0	6.2	7.5	6	6.8	0	4	4
		Febrero 2007	0	4.63	12	6	30.12	0	8	12
		Marzo 2007	0	5.09	8	6	30.12	0	10	10
		Abril 2007	0	4.18	15	0	30.12	0	35	6
	Q. Cristales	Octubre 2003	0	6.3	55	40	6.9	0	28	22
		Marzo 2004	0	7.2	11	7	6.9	0	46	40
		Septiembre 2004	0	6.8	65	42	7.7	0	38	28
	Q. Lindosa	Febrero 2007	0	4.34	12	8	0	0	8	20
		Marzo 2007	0	4.3	13	6	0	0	10	16
		Abril 2007	0	4.38	10	0	0	0	35	2
	Q. Cachera	Febrero 2007	0	6.68	82	41	0	7.8	50	40
		Marzo 2007	0	6.97	97	44	0	6.4	58	42
		Abril 2007	0	6.39	67	39	0	9.2	42	40
	Boyacá	Q. Carrizal	Septiembre 2001	0	7.7	4.5	2	9.06	0.65	13.3
Enero 2002			0	6.6	4.5	2	7.7	0.65	10	10.6
Abril 2002			0	6.3	4.5	2	8.4	0.65	6.6	20
Q. Chaina		2009	0	6.8	13	0	4.57	7.43	1.2	0
		Septiembre 2008	10	6.69	3.2	2.94	7.88	5.36	12	0
		Noviembre 2008	12	7.2	7	4	7.52	2.18	8	0
		Febrero 2009	10.53	6.79	4.33	3.33	7.88	2.53	10	0
Q. La Empedrada		Mayo 2005	10.3	6.14	4.3	1.4	8.5	1.5	5.2	8
	Agosto 2005	15	7	8.3	4	6.54	1.2	12.9	9.7	

		Octubre 2005	10.4	7.2	6.1	3.2	7.8	1.8	14	10
	Q. Los Francos	Mayo 2005	10.2	6.3	4.9	2	8.9	3.4	0	28.9
		Agosto 2005	15	7.2	15.7	8.2	6.5	3	0	36
		Octubre 2005	15	6.8	11.9	6.5	7	2.6	0	30
	Río Iguaque	Septiembre 2008	14	6.73	50	26.3	7.56	9.22	22	0
		Noviembre 2008	14.7	8.12	55	28	7.39	4.82	16	0
		Febrero 2009	15.96	8.3	48.66	24.33	7.23	4.31	28	0
Cund.	Q. la Vieja	Sept y Oct 2005	12	5	0	41.5	6.7	0	0	0
		Marzo 2005	13	4.3	2.28	2	0	0	0.2	17
		Junio 2005	15	4.4	2.29	2	0	0	0.2	17
		Agosto 2005	14	5	2.29	2	0	0	0.2	17
	Río Curibital	Junio 2014	10.06	6	11.2	0	58.8	0	3	38
		Septiembre 2014	13.9	6	9	0	53.9	0	3	10
		Junio 2014	9.02	6	6.4	0	59.8	0	3	50
		Septiembre 2014	12.2	6	5.4	0	58.3	0	6	10
	Q. La Playa	Febrero 2001	0	6.5	39	32	0	0	8	12
		Abril 2001	0	7	41	43	0	0	10	18
		Julio 2001	0	6.6	39	32	0	0	6	18
		Septiembre 2001	0	6.5	42	37	0	0	6	14
	Río Dulce	Feb 2004 Est. 1	20	6.8	200	146	1.9	3	0	98
		Feb 2004 Est. 2	22	7.8	200	73	1.3	3.9	0	100
		May 2004 Est. 1	21	6.7	205	123	4.8	27	0	100
		May 2004 Est. 2	23	6.7	210	126	4.3	20	0	102
		Junio 2004 Est. 1	22	7.5	280	173	3.5	2.1	0	128
		Junio 2004 Est. 2	21	7.6	300	180	2.8	2.2	0	108
	Río Juiquín	2012	0	7.55	23.5	0	8.05	8.15	7	55
		2013	0	7	23.25	0	4.02	28	12.5	56.25
	Q. Guance	2008	13.67	7.11	80.75	84.75	6.2	9.76	84.75	20.37
		2008	15.62	7.42	104.5	97.5	5.92	13.13	97.5	21
		2008	17.1	7.13	118.25	110.25	7.4	20.25	11.25	20.75
		2008	17.6	6.96	120	125	7.1	23.62	125	20

Anexo 3. Géneros presentes en la CIA-UPN

Fotografía tomada por: Arias (2012)

Familia: Elmidae **Subfamilia:** Elminae

Género: *Neoelmis*



Fotografía tomada por: Arias (2012)

Familia: Elmidae **Subfamilia:** Elminae

Género: *Heterelmis*



Fotografía tomada por: Arias (2012)

Familia: Elmidae **Subfamilia:** Elminae

Género: *Xenelmis* (larva y adulto)



Fotografía tomada por: Arias (2012)

Familia: Elmidae **Subfamilia:** Larainae

Género: *Phanocerus*

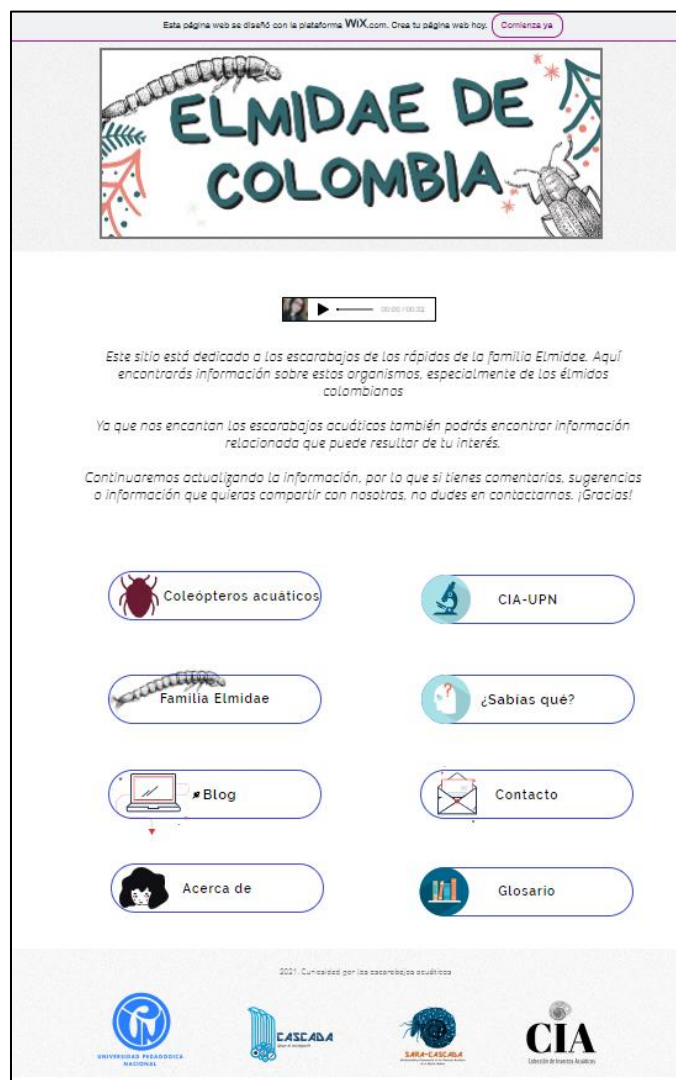


Fotografía tomada por: Arias (2012)

Familia: Elmidae **Subfamilia:** Elminae

Género: *Macrelmis*

Anexo 4. Esquema del sitio o página web



Página de inicio

ELMIDAE DE COLOMBIA

En esta sección hay una serie de videos cortos en los que podrás aprender sobre los escarabajos acuáticos

ORDEN COLEOPTERA

¿QUÉ ES UN ESCARBAJO ACUÁTICO?

¿CÓMO IDENTIFICAR UN COLEÓPTERO?

ECOLOGÍA DE LOS ESCARBAJOS ACUÁTICOS

Familia Elmidae

¿No sabes cómo pronunciar Elmidae?

¿CÓMO SE PRONUNCIA ELMIDAE?

Las combinaciones de vocales se pronuncian como «

Ejemplo: Elmidae

Pronunciación: Elmidae

Este video te mostrará las características generales de la familia Elmidae

FAMILIA ELMIDAE



Este interesante video es un complemento para que aprendas más sobre la familia Elmidae

La familia Elmidae se divide en dos (2) subfamilias

SUBFAMILIA ELMINAE

GÉNEROS DE LA SUBFAMILIA ELMINAE EN COLOMBIA

FAMILIA LARINAE

GÉNEROS DE LA SUBFAMILIA LARINAE

ELMIDAE DE COLOMBIA

HABITOS ECOLÓGICOS DE ELMIDAE

¿Por qué crees que es importante la conservación de la familia Elmidae?

- Porque son bioindicadores que nos ayudan a establecer la calidad del agua
- Porque son importantes descomponedores de la materia orgánica de los ecosistemas acuáticos
- Porque son alimento de otros organismos
- Todas las anteriores

Enciar respuesta

¿Qué es un bioindicador?

Sección de Coleópteros acuáticos, Familia Elmidae, Subfamilia Elminae y Larinae y Hábitos ecológicos

Esta sección está dedicada al trabajo realizado en la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN) de la Universidad Pedagógica Nacional

En este video encontrarás una corta definición sobre qué es una colección biológica y cuáles son sus funciones!



Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN)






¿Sabías qué?



<
🏠
>

2021. Curaduría por las ciencias biológicas






Todos los entradas



¿Qué es un bioindicador?

Un bioindicador o indicador ecológico es una especie o un grupo de especies que presentan un rango estrecho de tolerancia a los cambios...

11 views · Comentarios



¿Te has encontrado a un escarabajo?

Todo nos hemos encontrado con un escarabajo. Muchas personas que continúan con ellos no se dan cuenta de nada o encuentran por lo que...

10 views · Comentarios



¿Te ha gustado esta página web?

Muchas gracias por leer hasta aquí, espero que haya sido de tu agrado el contenido y lo más importante espero que hayas aprendido un...

11 views · Comentarios



¿Tienes preguntas?

Esta sección es para que sepas sus preguntas sobre el contenido de la página, si algún concepto o término no te ha quedado claro...

7 views · Comentarios



Contáctanos

<input type="text" value="Nombre"/>	<input type="text" value="Apellido"/>
<input type="text" value="Email"/>	<input type="text" value="Teléfono"/>
<input type="text" value="Escribir tu mensaje aquí..."/>	
<input type="button" value="Enviar"/>	

✉ lanb2100@gmail.com
dlc_dimguiozere2019@pedagogica.unp.edu.co

📍 Bogotá, Colombia

<
🏠
>

2021. Curaduría por las ciencias biológicas






Sección de Colecciones biológicas y la CIA-UPN, sección ¿Sabías qué?, Blog y Contacto

Élito: ala de consistencia dura que cubre parte del tórax y abdomen en los coleópteros.

Élital: referido a los élitros.

Escleritos: Zonas con diferente grado de dureza y rigidez, generalmente con forma e interrelaciones definidas, que constituyen en su conjunto el exoesqueleto de los artrópodos.

Esclerotización: proceso por el cual una parte de la cutícula se impregna de sustancias inertes, rígidas, y frecuentemente también de pigmento oscuro (melanina).

Esclerotizado: impregnado de sustancias inertes rígidas y casi siempre también de pigmento oscuro, se dice de áreas de la cutícula.

Espiráculo (traquea): Orificio en el cuerpo de los insectos por el que introducen el oxígeno atmosférico. Normalmente, los espiráculos se encuentran conectados a un sistema traqueal.

Estria: surco fino y poco profundo, como una línea hundida, en el pronoto, élitros, etc.; las élitrales de los Coleoptera se numeran a partir de la línea media hacia afuera.

Fémur: Tercer segmento de la pata (desde el cuerpo), habitualmente el más grande.

Filiforme: Antena con forma de hilo.

Holometábolo: dícese de los grupos de insectos cuyas larvas difieren mucho del adulto en aspecto y modalidad de vida, y que pasan por el estado de pupa.

Lótico: relativo a las aguas corrientes, como arroyos o ríos.

Léntico: relativo a las aguas estancadas, como lagunas o charcas.

Membrana: área de la cutícula sin esclerotización, flexible.

Membranoso: condición de la cutícula poco o nada esclerotizada, por lo que es flexible, clara y translúcida.

Referencias

2021 | Curaduría por los ecosistemas acuáticos

Diana Marcela Quintero Ramírez

Estudiante de Licenciatura en Biología
Universidad Pedagógica Nacional

Grupo de investigación CASCADA
Línea de Investigación S.A.R.A: Biodiversidad y
conservación de los Sistemas Acuáticos de la
Región Andina

Historia

Mi interés por el estudio de los escarabajos especialmente aquellos que viven en el ambiente acuático, nació por el trabajo como voluntaria y pasante durante dos años en la Colección de Insectos Acuáticos (CIA-UPN) de la Universidad Pedagógica Nacional.

Allí desarrollé diferentes actividades entre ellas:

- Curaduría del material biológico
- Observación e identificación de especímenes principalmente de insectos acuáticos
- Observación y reconocimiento de estructuras de los organismos
- Manejo de herramientas de laboratorio

Todas estas actividades me permitieron reconocer la importancia y valor de las colecciones biológicas como lugares en donde reposan cientos de ejemplares que nos permiten conocer más y más sobre la biodiversidad, de manera que a través de las investigaciones que se realicen en las colecciones es posible establecer estrategias de conservación. Además, el potencial a nivel pedagógico y didáctico que tienen estos espacios para la educación formal y no formal es ilimitado, posibilitando que el conocimiento científico sea accesible para todos y todas.

¡Muchas gracias a todas las personas que se tomaron el tiempo de navegar por esta página, espero que el contenido haya sido agradable y de mucho aprendizaje!

Sección de Glosario, Referencias y Acerca de.