



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

# **CARRERA DE GESTION AMBIENTAL**

## **TESIS DE GRADO**

### **ACTUALIZACIÓN DE LA GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL

#### **AUTOR**

**JAVIER ALEJANDRO GÓNGORA QUIÑONES**

#### **ASESOR**

**PhD. JON MOLINERO ORTÍZ**

Esmeraldas – Enero 2020

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

Trabajo de tesis de grado aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente del Tribunal de Graduación.

**Lector 1**

Mgt. Pedro Jiménez Prado

**Lector 2**

Mgt. Cristina Marmolejo Cueva

**Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental**

Mgt. Karla Solís Charcopa

**Director de tesis**

PhD. Jon Molinero Ortíz

Esmeraldas.....de.....2020

## **AUTORÍA**

Yo Javier Alejandro Góngora Quiñonez, con cedula de ciudadanía N#0802769976 declaro que mi investigación de tesis está basada en un trabajo que es absolutamente personal, auténtico y original.

En virtud de que el contenido de esta tesis es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

---

Javier Alejandro Góngora Quiñonez

C.I. 0802769976

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios quien me brinda su apoyo en cada  
acontecimiento de mi vida.*

*A mi familia; mi Mama, mi Abuela, mi Tía, mis  
hermanas y hermano John que siempre me  
brindaron su cariño y apoyo en todo momento.*

*A mis amigos; Karol, Carlos, María José, Estefany, Marcos y Armando  
que no solo cumplieron un rol de compañeros,  
Sino que me brindaron su amistad y apoyo incondicional.*

*Agradezco a mi asesor de tesis Jon molinero por brindarme los conocimientos  
impartidos sobre los macroinvertebrados y me apoyo en todo momento, durante este  
proceso de investigación.*

*Agradezco a mi lectora Cristina Marmolejo  
que me brindó su apoyo en los conocimientos sobre el Diseño grafico  
con su alegre carisma y personalidad.*

*Agradezco a mi lector Pedro Jiménez, que me brindó su apoyo en los conocimientos  
sobre guías de identificación y como trabajar en el laboratorio.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi proyecto de tesis con alegría y agradecimiento en primer lugar a Dios*

*Que me brindo su bendición y apoyo a lo largo de mi vida.*

*Dedico este primer logro a mi Mamá, mi Abuela y mi Tía quienes me brindaron su amor y su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y agradezco lo mucho que se han sacrificado para que continúe mis estudios.*

*A mis hermanas y hermano John quienes me brindan su apoyo, su cariño y su alegría cada día en mi vida.*

*Dedico este logro mis familiares que están con Dios brindándome su amor y bendición desde el cielo.*

## **INDICE**

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	I
AUTORÍA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	II

DEDICATORIA .....	IV
<b>INDICE</b> .....	IV
LISTA DE FIGURAS .....	V
RESUMEN: .....	VII
ABSTRACT: .....	VIII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Presentación del tema de investigación</b> .....	1
<b>1.2 Planteamiento del problema</b> .....	1
<b>1.3 Justificación</b> .....	2
<b>1.4 Presentación de Objetivos</b> .....	2
<b>1.4.1 Objetivo General</b> .....	3
<b>1.4.2 Objetivos específicos</b> .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	5
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	6
<b>3.1 Área de estudio</b> .....	7
<b>4. RESULTADOS</b> .....	14
<b>4.1 Manual de procedimientos:</b> .....	14
<b>4.2 Herramientas para usar en la identificación:</b> .....	18
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	30
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	33
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	34
<b>9. ANEXOS</b> .....	35

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Mapa de los límites Geográficos de la Provincia de Esmeraldas .....	7
---	---

Figura 2. Mapa de temperaturas de la provincia .....	8
Figura 3. Mapa hidrográfico de la provincia de Esmeraldas .....	8
Figura 4 Cámara Dino lite .....	9
Figura 5. Página web Dino lite .....	10
Figura 6. Descarga del programa .....	10
Figura 7. Programa Dino lite .....	11
Figura 8. Programa Photoshop CS6 .....	12
Figura 9. Ficha de identificación de los individuos por su Orden, familia y su respectiva caracterización .....	13
Figura 10. Catálogo de imágenes .....	14
Figura 11. Captura de individuos con la red Surber .....	15
Figura 12. Embaces con muestras .....	15
Figura 13. Malla de filtración .....	16
Figura 14. Bandeja de plástico .....	17
Figura 15. Frascos de plástico .....	17
Figura 16. Lupa Binocular de laboratorio .....	18
Figura 17. Identificación de individuos de la familia <i>Thiaridae</i> .....	19
Figura 18. Esquema del Orden <i>Ephemeroptera</i> .....	20
Figura 19. Limpieza del fondo de la fotografía .....	20
Figura 20. Uso del filtro de HDR para mejora en los detalles .....	21
Figura 21. Mejora de las pequeñas características del individuo .....	21
Figura 22. Ajuste de parámetros contraste, sombra y detalle en Photoshop.....	22
Figura 23. Foto <i>Familia Psepheniidae</i> izquierda sin filtro HDR y Foto derecha con filtro de mejora .....	22
Figura 24. <i>Familia Corydalidae</i> mejora de exposición y detalle .....	23
Figura 25. Ajuste radio, exposición y detalle .....	23
Figura 26. Separación por Ordenes ejemplo 1 .....	24
Figura 27. <i>Familia Oligoneuriidae</i> ejemplo 1 .....	25
Figura 28. <i>Familia Platystictidae</i> ejemplo 2 .....	26
Figura 29. Reajuste de colores con el uso del filtro saturación .....	27
Figura 30. <i>Familia Athericidae</i> ejemplo1 .....	28
Figura 31. Ajuste del enfoque .....	28
Figura 32. <i>Familia Leptophlebiidae</i> ejemplo 2 .....	29
Figura 33. Ajuste de enfoque 2 .....	29
Figura 34. Orden <i>Trichoptera</i> , Familia <i>Hydropsychidae</i> .....	30

**RESUMEN:**

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo elaborar una nueva edición de la guía para identificar macroinvertebrados de la Provincia de Esmeraldas para facilitar la identificación de éstos desde nivel de orden hasta nivel de familia.

Para llevar a cabo la elaboración y diseño de esta guía para la determinación de macroinvertebrados, se realizaron una serie de procedimientos para que la guía sea llamativa y cuente con una amplia cantidad de nuevas familias, además de establecer características morfológicas que ayudaran a los lectores a identificar de manera más fácil a los individuos del estudio, utilizando para ello una Clave para la identificación de Macroinvertebrados, además de un Manual de los procedimientos que se deben realizar en las salidas de campo y como se deben usar los equipos de laboratorio.

Con el uso de herramientas de edición como Photoshop y sus filtros HDR se consiguió que no solo se mejore la calidad de las imágenes, sino que también se aprecien los detalles de las características del individuo que se pierden en las imágenes originales, debido a factores como, la iluminación, el desenfoque, el contraste, entre otros. A través de la estructura sencilla de la clave para la identificación no solo se consiguió que cada familia cuente con imágenes ideales para ayudar a identificar al individuo, sino que también se incluyó una descripción en cada caracterización morfológica, la cual facilita al lector comprender que partes del cuerpo está analizando al momento de la identificación.

**Palabras Clave:** bioindicadores, macroinvertebrados, caracterización, ecosistema, fotografías, ordenes, familias.

**ABSTRACT:**

This research project aims to develop a new edition of the guide to identify macroinvertebrates in the Province of Esmeraldas to facilitate their identification from order level to family level.

To carry out the development and design of this guide for the determination of macroinvertebrates, a series of procedures were carried out so that the guide is striking and has a large number of new families, in addition to establishing morphological characteristics that will help readers to more easily identify the individuals in the study, using a Code for the identification of Macroinvertebrates, as well as a Manual of the procedures that should be performed at field trips and how laboratory equipment should be used.

With the use of editing tools such as Photoshop and its HDR filters it was achieved that not only the quality of the images is improved, but also the details of the individual's characteristics that are lost in the original images, due to factors such as, lighting, blur, contrast, among others. Through the simple structure of the identification key, not only did each family have ideal images to help identify the individual, but also a description was included in each morphological characterization, which facilitates the reader to understand which parts of the body is analyzing at the time of identification.

**Keywords:** bioindicators, macroinvertebrates, characterization, ecosystem, photographs, orders, families.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Presentación del tema de investigación**

Los ecosistemas acuáticos son altamente propensos a sufrir graves impactos por contaminación, a causa de las actividades antropogénicas que se desarrollan en las poblaciones cercanas al cuerpo de agua (1), que de una u otra forma terminan llegando a los cauces de los ríos y alterando la calidad del mismo. Cuando se habla de calidad de agua se refiere a las condiciones óptimas que presenta este medio acuático (2), de tal manera en que este ecosistema presente una alta diversidad de especies acuáticas, buenas condiciones de vegetación riberena y pueda ser destinada para el consumo, riego, recreación y demás usos al estar libre de impactos por contaminación. Para determinar las condiciones o el grado de contaminación de un ecosistema es importante elegir un bioindicador adecuado (3), en el caso de este tipo de ambientes hídricos son los macroinvertebrados los que destacan como los más efectivos en el estudio de impactos ambientales acuáticos, ya que poseen gran sensibilidad ante los impactos ambientales.

Uno de los procesos más importantes de cualquier estudio de este tipo es de realizar la caracterización de estos individuos mediante herramientas, como guías para la determinación de especies (4); buscando con ello que se logre obtener un índice de calidad de agua con las especies identificadas. Las guías para la identificación son aquellos libros donde se detallan las características de las especies en un ecosistema; algunas guías se enfocan en cierto tipo de especímenes mientras que otras registran una gran variedad de especies como (aves, insectos, mamíferos entre otros...) (5).

Los Macroinvertebrados bentónicos son a aquellas especies de invertebrados que por su tamaño llegan hacer fácilmente visibles al ojo humano y se les asocia a los sustratos del medio acuático, siendo este su principal medio de protección y desarrollo (6). Son estas especies aquellas que tienen un rol importante en los estudios de calidad de agua.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Este proyecto busca brindar una ayuda para los lectores que quieren identificar Macroinvertebrados, ya que al lector inexperto se le dificulta encontrar semejanzas entre los individuos, además de no encontrar algún ejemplar ya que faltan varios especímenes por agregar en la guía para la identificación de Macroinvertebrados del 2013. La causa principal de que las imágenes de la guía anterior no se aprecien tan bien es porque cuando se elaboró la guía algunos ejemplares estaban un poco dañados, además de que en aquel entonces no contaban con imágenes de algunas familias y tampoco se contaba con una cámara especial para sacar las fotografías; por lo que no se consiguieron fotos de muy buena calidad donde se aprecie mejor al individuo.

### **1.3 Justificación**

Si se lleva a cabo este proyecto los estudiantes o lectores nuevos en el tema de identificación, van a tener más herramientas que expliquen qué pasos se deben seguir, cuando se trate de identificar un orden o familia de macroinvertebrados determinada; adicionalmente se explicara cómo y en qué condiciones se debe proceder en el campo y en el laboratorio. Además, se agregarán nuevas imágenes de familias en buen estado, utilizando para esto los nuevos equipos ópticos que se tienen en el laboratorio, entre ellos el microscopio Dino-lite y otras herramientas de mejora de fotográfica como programas de edición de imágenes.

Para este proyecto se espera que con las nuevas fotos que se consigan, los lectores logren identificar de manera más fácil las familias estudiadas. Para los estudiantes nuevos en el tema de identificación, será mucho más sencillo los procesos para la determinación de Macroinvertebrados, además de que los lectores podrán identificar las características morfológicas las diferencian a los ejemplares estudiados.

### **1.4 Presentación de Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Elaborar una nueva edición de la guía para Macroinvertebrados de la Provincia de Esmeraldas para facilitar la identificación en estudios de calidad ambiental.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Generar y mejorar imágenes que especifiquen con detalle las características desde Orden hasta Familia.
- Redactar un capítulo sobre métodos de muestreo, procesamiento y conservación de las muestras, incluyendo instrucciones sobre el uso de equipos de identificación.
- Diseñar el material de una guía para la determinación de Macroinvertebrados de la provincia de Esmeraldas.

## **2. MARCO TEÓRICO**

En la guía de identificación estas especies se describen con un criterio definido como: clasificación taxonómica, características, tamaño, entre otros. Con lo anteriormente mencionado esta descripción incluye una imagen del espécimen que explica características únicas del taxón, tomando como punto referencial aquellos elementos morfológicos (patas, tipo de alas, tipo de ojos, etc.) que faciliten su identificación (7).

No todas las guías de identificación son iguales, ya que muchas están elaboradas en base a las especies de una zona o región específica (5), sin embargo a veces se emplean como guías modelo para elaborar de manera correcta la guía de identificación de una región de estudio. El hecho de no poder usar la guía de otro país, es porque en muchas ocasiones las especies de la región de estudio son diferentes (8); Esto se debe a las condiciones ambientales, de adaptabilidad y desarrollo en cada ecosistema (9), pero si se da el caso de que las condiciones coincidan podremos encontrar las mismas familias en nuestra región.

Las guías de identificación son una herramienta creada con el fin de identificar morfológicamente los taxones de un ecosistema, zona o región específica, de tal manera

en que las mismas incluyan una gran variedad de individuos como: mamíferos, aves, plantas, moluscos, peces, insectos, entre otros (4). Estas guías detallan aspectos en la morfología de los organismos de manera ilustrada, por lo que la dificultad para identificar a estas especies se basa en el tipo de individuos que se van estudiar (10). Además, se toma en cuenta que un requisito importante es tener los conocimientos básicos sobre la especie, el hábitat donde se desarrollan y la variedad de diversidad que estas presentan.

La importancia que relaciona el diseño gráfico con las guías científicas se basa en la labor de informar mediante un lenguaje gráfico aspectos como: arte, diseño, información y descripción (11). El diseño gráfico en la investigación científica y la comunicación de sus resultados proporciona un aporte al proceso de comunicación de información compleja a través de la síntesis apoyada en imágenes, como en el caso de la infografía, la cual logra expresar la información con más facilidad al lector, apoyándose por medio de ilustraciones y textos descriptivos.

Los infográficos, se pueden agrupar en tres categorías: infográficos científicos, de divulgación y noticiosos. En el caso de los infográficos científicos busca recurrir mediante imágenes facilitar la comprensión del público al cual se dirige. Si bien el principal canal de difusión científica es mediante revistas de divulgación, es la prensa tradicional también un medio para colaborar en la difusión y enseñanza de nuevos conocimientos, principalmente cuando se hace algún descubrimiento importante (12).

En cuanto a la edición de ilustraciones científicas, aquellos que se dedican a su diseño deben seguir una serie de pasos que garanticen un buen trabajo y que este pueda llamarse “Ilustración Científica”, por lo que en los primeros pasos para fotografía, enfoque o mejora de calidad de imagen (13), se debe tomar en cuenta el manejo correcto de la perspectiva tridimensional, ocupando para esto materiales ópticos (microscopios, cámaras de luz, fondos oscuros o blancos, iluminación, etc.), para que con esto se logre capturar la forma o estructura del espécimen a fotografiar o ilustrar, considerando la aplicación correcta de la luz sobre el individuo.

Cada tipo de guía que tiene una maquetación desde el punto de vista de la disciplina del diseño gráfico, debe saber hacia que público será dirigido (14), refiriéndose a que si es

una guía netamente técnica para profesionales, si es una guía didáctica para cualquier tipo de lector o combinando elementos para profesionales y para introducir a nuevos lectores en el tema a estudiar. Entre las consideraciones a tener presente al momento de generar un producto de comunicación, como el caso de las guías tenemos: el medio de publicación (impreso o digital), el receptor o público objetivo al que va dirigida la guía, los materiales de interacción (tipos de papel, espacios digitales, etc.)(12), de igual manera se debe considerar no solo aquello que va a ilustrarse o plasmarse en fotografías sino también el papel en el que va a ser impreso, la técnica que se va a utilizar para realizarlo o si la imagen no expresa la suficiente información.

## **2.1 Antecedentes**

El interés de estas especies por parte de los biólogos se debe principalmente a que los macroinvertebrados son de gran importancia al momento querer estimar las condiciones ambientales de un ecosistema acuático (15), Ya que estos poseen rangos de tolerancia ante perturbaciones externas y su presencia o ausencia determinan la condición de ese ecosistema. Además tienen un rol importante en la cadena trófica (16), ya que se alimentan de taxones más pequeños y a su vez son depredados por otras especies de mayor tamaño como peces.

Existen guías de identificación de distintos tipos entre estas tenemos:

Guías con dibujos: estas emplean dibujos como el manual de Carlos Carrera (2001), el cual describe el proceso del monitoreo biológico con macroinvertebrados acuáticos empleando dibujos para darle al lector una idea de la forma de estos animales además de apoyar la explicación textual del método de muestreo con un dibujo al final del texto.

Guías fotográficas: estas emplean fotos de especímenes vivos en su medio acuático, como en la guía de identificación realizada por Gyorgy Kriskao (2013) donde muestra fotos del desarrollo de los especímenes y le dan al lector una nueva perspectiva de cómo se ven los especímenes, como se alimentan y cómo interactúan en su entorno (17).

Guías con claves dicotómicas: estas emplean claves dicotómicas como herramienta adicional de identificación, basándose en explicar paso a paso las características del orden para pasar a familia y llegar hasta especie. Como la realizada por Javier Oscoz (2011), el cual tiene una serie de claves que describen el individuo en base a su morfología específica que lo caracteriza (patas, ojos, tórax, branquias, etc.) (5).

Guías destinadas a zonas amplias o restringidas a una zona determinada (5): estas emplean su identificación para especímenes que se adaptaron a las condiciones ambientales y ecosistémicas de una zona amplia como toda una región o que se encuentre distribuida en otros países. De igual manera existen guías limitadas a pequeñas zonas donde las especies se adaptaron de manera diferente a las condiciones de esa región.

Guías adecuadas a taxones específicos: estas guías suelen ser muy específicas donde solo hablan y describen un orden específico, las familias que existen en éste y la variedad de especies que pertenecen a este orden como en la guía de Yeisson Gutiérrez (2015) en las claves taxonómicas del orden Ephemeroptera de Colombia (18).

Guías complementarias: estas explican de manera detallada y la manera más adecuada de cuales métodos usar para la obtención de muestras y en qué condiciones se deben tratar las mismas (19), además explican las zonas de distribución empleando mapas georreferenciados y en qué condiciones (lluvias, sustratos de ríos, temperatura, etc.), son las más adecuadas a la hora de proceder a los muestreos. Por otro lado, también suelen explicar los ciclos de vida de los especímenes, su importancia para la cadena trófica, la capacidad de resistir perturbaciones de unos órdenes más que otros y mucha más información que será de gran utilidad en el desarrollo del estudio (16).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1 Área de estudio

#### Geografía de la Provincia de Esmeraldas

Está localizada en la frontera norte del país (Fig.1), la cual limita por el oeste con el Océano Pacífico; por el norte con el Departamento de Nariño (Colombia); por el este con las provincias de Imbabura y Carchi; y por el sur con las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichincha e Imbabura (20).



Figura 1. Mapa de los límites Geográficos de la Provincia de Esmeraldas

#### Clima y temperatura

Al norte de la provincia de Esmeraldas posee un clima tropical muy húmedo; hacia la zona sur es también tropical pero menos húmeda por la presencia de la brisa del mar (Fig. 2); En la provincia dos climas definidos: tropical monzón con una temperatura promedio de 21° C y tropical húmedo en las cuencas centrales cuya temperatura promedio es de 25° C (20).

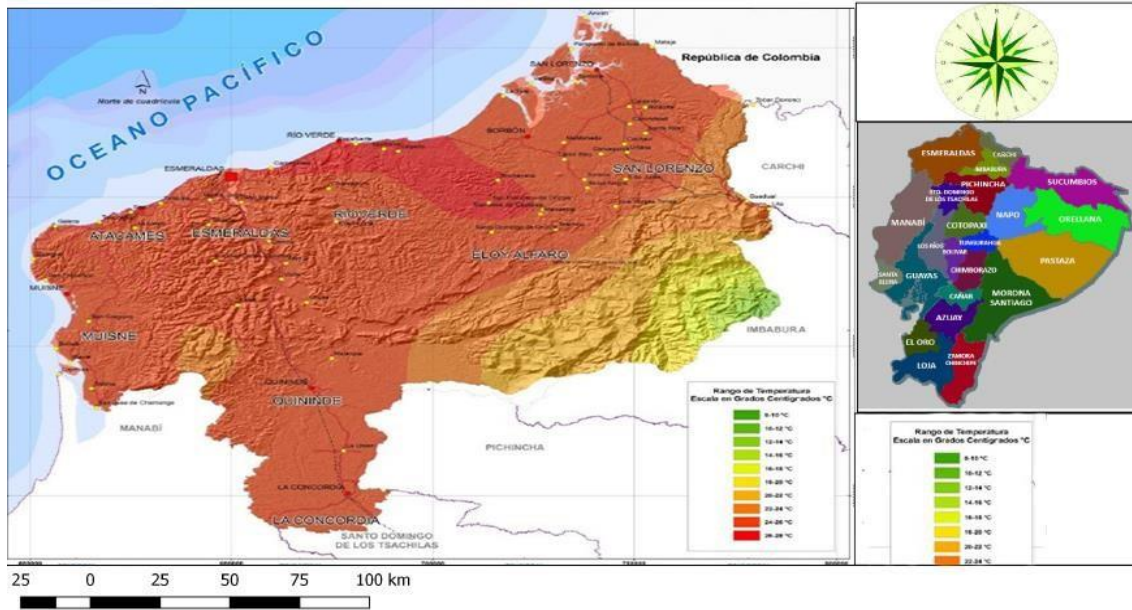


Figura 2. Mapa de temperaturas de la provincia

La provincia de Esmeraldas se podría caracterizar como húmeda, ya que cuenta con una pluviosidad anual seca que oscila entre los 500 mm a 700 mm y húmeda con una pluviosidad anual de hasta 2000 mm (20).

### Hidrografía de la Provincia de Esmeraldas



Figura 3. Mapa hidrográfico de la provincia de Esmeraldas

En la provincia de Esmeraldas se han definido (Fig.3): 6 Sistemas Hidrográficos: Mira, Mataje, Cayapas, Verde, Esmeraldas y Muisne, de los cuales se derivan en 19 Cuencas Hidrográficas: Mira, Mataje, Cayapas, Estero Vainilla, Estero Lagarto, Río Ostiones, Río Mate, Río verde, Río Colope, Estero Camarones, Río Esmeraldas, Río Atacames, Río Súa, Río Tonchigüe, Estero Galera, Río San Francisco, Río Bunche, Río Muisne y Río Balzar, teniendo por ultimo las 9 Subcuencas principales de las cuencas más grandes: Ríos Santiago y Ónzole (Cuenca del Río Cayapas), ríos Guayllabamba, Blanco, Cole, Canandé, Sade, Viche, y Teaone (Cuenca del Río Esmeraldas).

### **Usos de Suelo y Cobertura vegetal**

Debido a la gran variedad de condiciones climáticas, morfología y estado evolutivo; en la provincia existen un sin número de tipos de suelo y debido a esto las condiciones edáficas son variables, por lo que a su vez permite el desarrollo de múltiples ecosistemas, destacando que gracias a la alta variabilidad estos suelos su uso sea destinado para la agricultura y la ganadería (20).

### **Materiales y métodos usados en este proyecto:**



Para la captura de fotos de los especímenes se implementó como herramienta de apoyo la Cámara Dino-lite (Fig. 4). La cual integra un programa propio para cuando se tomen las fotos se ajusten parámetros de luz, enfoque y poner el respectivo nombre del individuo como etiqueta en la imagen.

**Figura 4 Cámara Dino lite**

Para usar el programa y la cámara Dino-lite se descargó desde la página web (Fig. 5) el software de instalación, eligiendo el sistema operativo de la computadora en la que se va a trabajar (Windows, Mac, etc.) y se descarga e instala (Fig. 6).

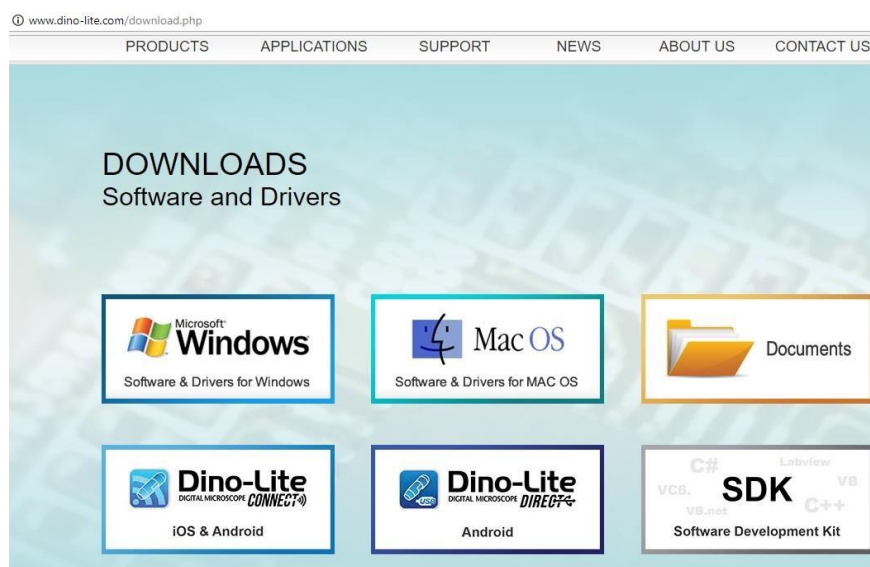


Figura 5. Página web Dino lite

### Software for Dino-Lite on Windows

Software	Compatibility	OS	Version	Release Date	
DinoCapture 2.0	All Dino-Lite USB Series	10, 8, 7, Vista, XP	1.5.28.A	2018-06-19	<a href="#">Download</a> <a href="#">Release Notes</a>
<a href="#">Show Former Software...</a>					

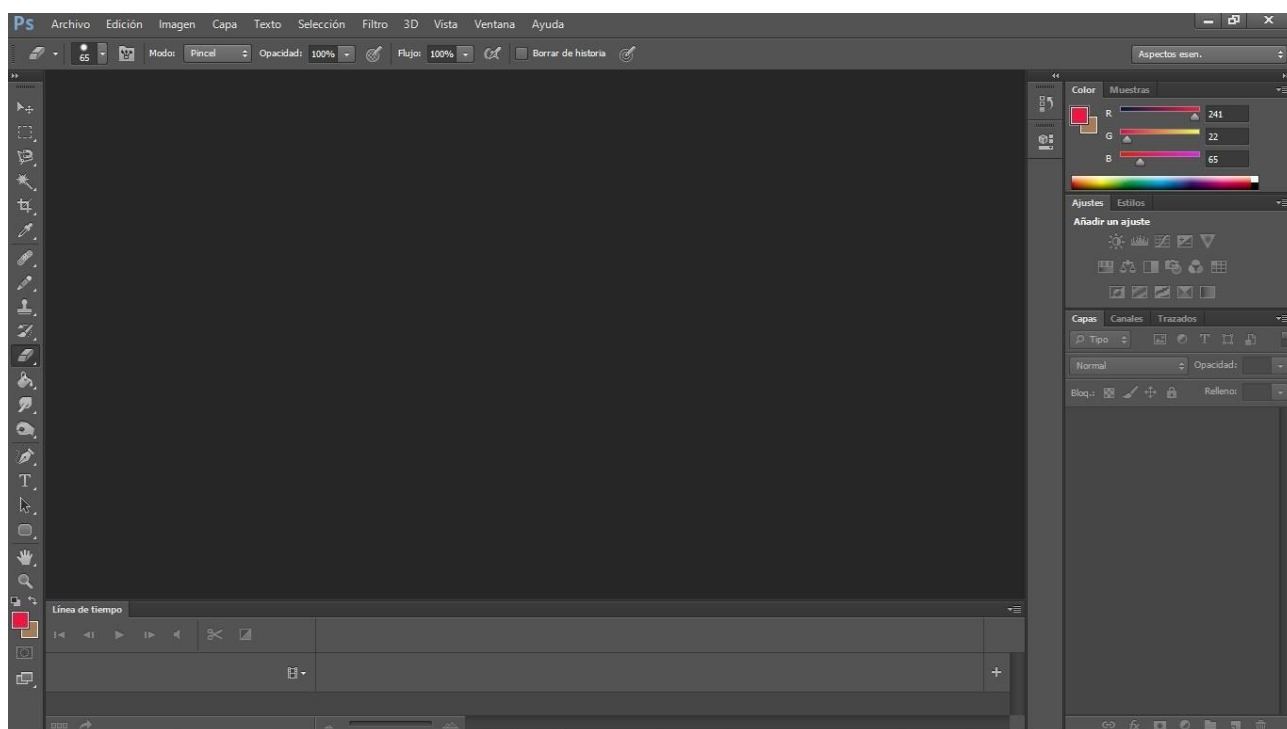
Figura 6. Descarga del programa

Luego se ejecutó el programa (Fig. 7) y se tomaron las fotos ajustando la luz de la cámara o ajustando la luz externa con la lámpara.



Figura 7. Programa Dino lite

Para editar las imágenes se usó un programa de edición llamado Photoshop CS6 portable (Fig. 8) lo que significa que es una versión que pesa muy poco, pero al mismo tiempo cuenta con los complementos de su versión completa como: los filtros de edición, los cuales ayudan a mejorar y editar cualquier tipo de imagen (JPG, PNG), además posee Herramientas de corte, Herramientas para añadir texto, Filtros de enfoque y desenfoco, entre otros.



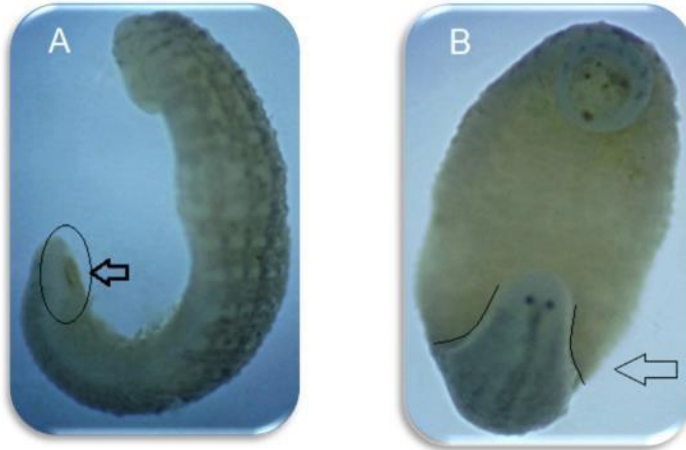
**Figura 8.** Programa Photoshop CS6

Para la elaboración y diseño de la guía para la identificación de macroinvertebrados se realizaron una serie de procedimientos para que la guía sea llamativa y cuente con una amplia cantidad de nuevas familias, además de establecer características que ayudaran a los lectores a identificar de manera más fácil a los individuos del estudio. Se planteo que base y estructura tendría la guía, como serian organizados los Órdenes y las familias, como también si fuera importante que las fotos deberían llevar una descripción en la base de la imagen y cuantas imágenes deberían ir en la carilla de la hoja (Fig. 9).

## ORDEN GLOSSIFONIFORMES

### *Familia Glossiphoniidae*

La boca es solo un pequeño orificio en la ventosa oral (Fig. A). El cuerpo es básicamente plano en lugar de en forma de tubo y se estrecha en la cabeza (Fig. B).



**Figura 9. Ficha de identificación de los individuos por su Orden, familia y su respectiva caracterización**

Previo a la elaboración de la guía se necesitó realizar un catálogo amplio de imágenes (Fig. 10), en las cuales se realizó una compilación de ejemplares de otros proyectos de calidad de agua que se efectuaron en los ríos de la provincia de Esmeraldas. Con este catálogo de imágenes fueron seleccionadas las más representativas de cada orden y familia, pero tomando muy en cuenta que los individuos se encuentren en un buen estado de conservación.

Para trabajar con el primer catálogo de fotos se capturó más de 179 fotos, las cuales se procesaron para escoger las que cuenten con la caracterización de la familia que se añadiría en la clave de identificación.

El segundo catálogo de imágenes aportó mejores resultados, ya que se encontraron nuevas familias, las cuales aportan más información y estructura en la guía de identificación



Figura 10. Catálogo de imágenes

## 4. RESULTADOS

En la guía para la identificación de los Macroinvertebrados se da una breve introducción de cómo se estructuró la Guía, que son los macroinvertebrados, como son, que importancia tienen para el ambiente y la evaluación de calidad de agua. Además, se explica cómo se creó el catálogo de imágenes y como se implementó un manual de procedimientos el cual se detalla a continuación:

### 4.1 Manual de procedimientos:

- **procedimiento para recolectar a los organismos:** aquí se detallan cuáles son los materiales que se usarán para la recolección de la muestra.

Primeramente es importante conocer el área de estudio, ya que el río puede tener características que faciliten o dificulten el acceso al mismo, También se deben considerar las condiciones climáticas y se deben buscar las más adecuadas como cuando este soleado y de preferencia sin lluvias, es importante saber cuándo se tienen temporadas de fuertes lluvias, ya que esto altera la cantidad de individuos que se recolectarán en el río, además de considerar que muchos de estos ríos crecen y arrastran todo consigo. (21)



Para la captura de los individuos con la red Surber se debe colocar la red en contra de la corriente y se debe mover el sustrato del fondo con los pies caminando hacia atrás (Fig. 11).



Figura 11. Captura de individuos con la red Surber

la  
no



Para posteriormente depositar los individuos en el embace de plástico con alcohol, procurando que toda muestra caiga en el embace y fuera (fig. 12).

Figura 12. Embaces con muestras

Los Materiales que se van a ocupar en la salida de campo son:

- Red Surber: la red debe contar con la malla adecuada y el marco metálico
- Embaces de plástico con etiquetas: para la recolección de muestras
- Alcohol etílico al 70%: para conservar las muestras
- Botas: para ingresar al río
- Cooler con hielo: para conservar en mejores condiciones la muestra

. – **procedimiento de laboratorio.** Aquí se detalla cómo se deben manipular las muestras recolectadas y además se incluye una lista de los materiales usan para este proceso. Estos materiales son:

- Malla de filtración: para separar a los individuos de los sustratos
- Lampara de oficina: para una correcta iluminación
- Bandeja de plástico transparente o blanca: para la separación
- Frascos de plástico pequeños: para almacenar los individuos
- Pinzas de laboratorio: para manipular los individuos
- Alcohol etílico: para conservar a los individuos al ser identificados

Para proceder con la muestra primero se debe limpiar la muestra y separar los individuos del resto de sustrato (arena, piedras, hojas) para lograr una mejor visualización de las especies al momento de separarlas por orden.



Luego para limpiar correctamente la muestra se usa la malla de filtración puesta en otro embace por debajo de esta para retener el alcohol de la muestra, inmediatamente se procede a depositar el alcohol de la muestra poco a poco para que pase por la malla de filtración y se tenga una pequeña porción de la muestra

(Fig.13).

Figura 13. Malla de filtración



Posteriormente a la filtración se obtiene una porción de la muestra, la cual se debe colocar en la bandeja de plástico con agua (Fig. 14) para separar y recopilar todos los individuos de la porción analizada;

Figura

14. Bandeja de plástico



Para luego depositarlos en los frascos de plástico pequeños con alcohol, sin olvidar usar su respectiva etiqueta del punto de muestreo (Fig. 15).

Figura 15. Frascos de plástico

Luego de que se limpie la muestra de la malla se vuelve hacer el proceso de filtrado y deposito en la malla para continuar con la limpieza de la muestra, a pesar de ser un proceso repetitivo es muy necesario para sacar a todos los individuos del sustrato, para que cuando ya no salgan individuos se proceda a revisar la arena que quedo en el embace de la muestra, considerando depositarla en pequeñas cantidades en la bandeja con agua. Para cuando ya no se encuentre más individuos se procede a guardar los frascos de plástico y colocando su respectiva etiqueta del punto de muestreo.

#### **4.2 Herramientas para usar en la identificación:**



Figura 16. Lupa Binocular de laboratorio

Para identificar a los especímenes se debe contar con una lupa binocular de laboratorio la cual ayuda a observar a los individuos con más detalle y reduce la dificultad de observar a los organismos pequeños (Fig. 16).



Para identificar de manera más fácil y organizada los individuos se deben colocar a los especímenes en placas con alcohol, considerando prioritario separarlos primero por Orden (fig. 17).

**Figura 17. Identificación de individuos de la familia Thiaridae**

Se consideró oportuno presentar en la Guía un esquema como ejemplo básico de uno de los taxones que se incluyeron en la guía:

Orden *Ephemeroptera* (Fig. 18), ya que a partir de este esquema se pueden apreciar las principales que caracterizan a este Orden compuesto por: cabeza, tórax y abdomen; se aprecian las diferentes partes de sus patas (Coxa, trocánter, fémur, tibia, tarso y uñas), antenas, branquias, filamentos caudales, ojos, etc. Hay que tener en cuenta la gran variedad de órdenes, clases e incluso filos que componen la comunidad de macroinvertebrados y los diferentes estados de desarrollo que contempla.

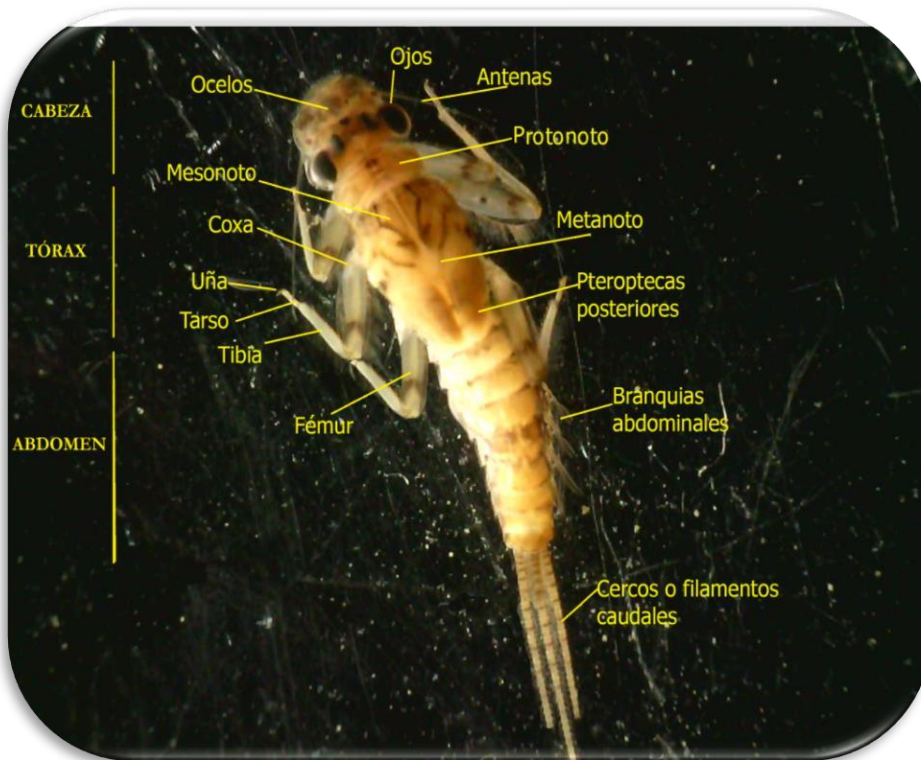


Figura 18 . Esquema del Orden *Ephemeroptera*

En la etapa de edición de imágenes con los programas de procesamiento, se tomó como primer paso la limpieza del fondo de la imagen para que el individuo destaque sobre toda la imagen y se vea estéticamente mejor (Fig. 19).



Figura 19. Limpieza del fondo de la fotografía

En la etapa de mejora de las fotos se empezó a usar los distintos filtros que incluye el programa Photoshop, estos filtros van desde regular la cantidad de luz del fondo de la imagen como el poder de editar y destacar las pequeñas características del individuo en el contorno de la foto.

En ocasiones algunas familias necesitaron de filtros en saturación, brillo y contraste para detallar secciones de la especie que estaban desenfocadas, además el filtro de imagen HDR ayudo a mejorar la calidad de los pixeles significativamente (Fig. 20) es por ello por lo que las imágenes resultantes salían con una mejor calidad de texturas y le daban un aspecto realista al espécimen (Fig.21).

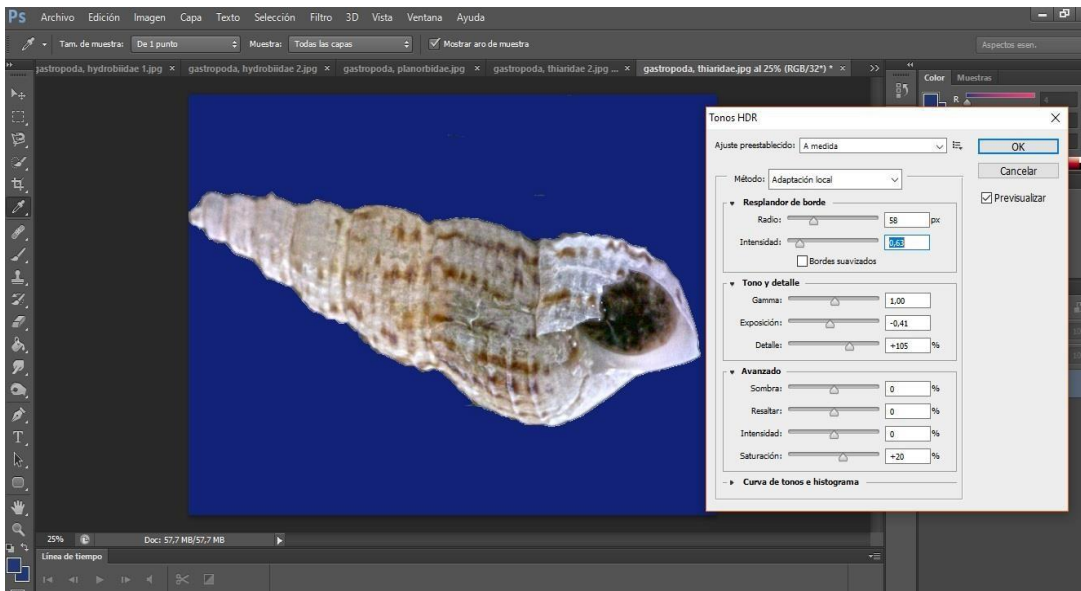


Figura 20. Uso del filtro de HDR para mejora en los detalles



Figura 21. Mejora de las pequeñas características del individuo

Para algunas familias como en el caso de la familia Psepheniidae (Fig. 22) se optó no solo por mejorar el resplandor de borde, sino también el nivel de tono y detalle en la imagen (Fig. 23)

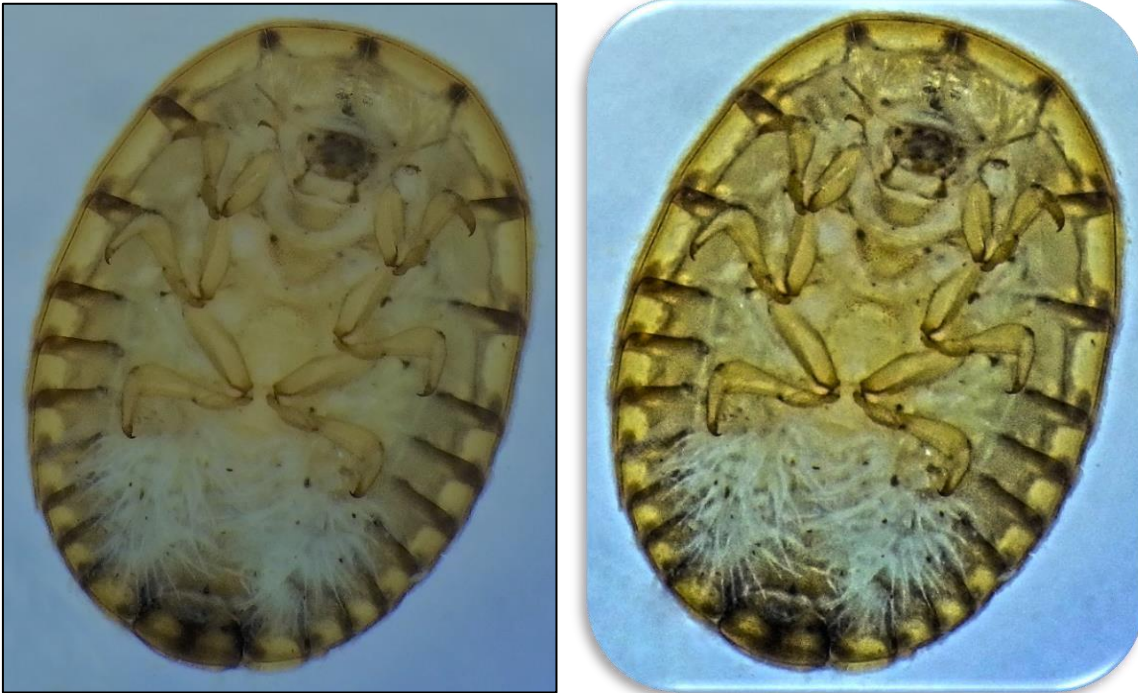


Figura 23. Foto Familia Psepheniidae izquierda sin filtro HDR y Foto derecha con filtro de mejora

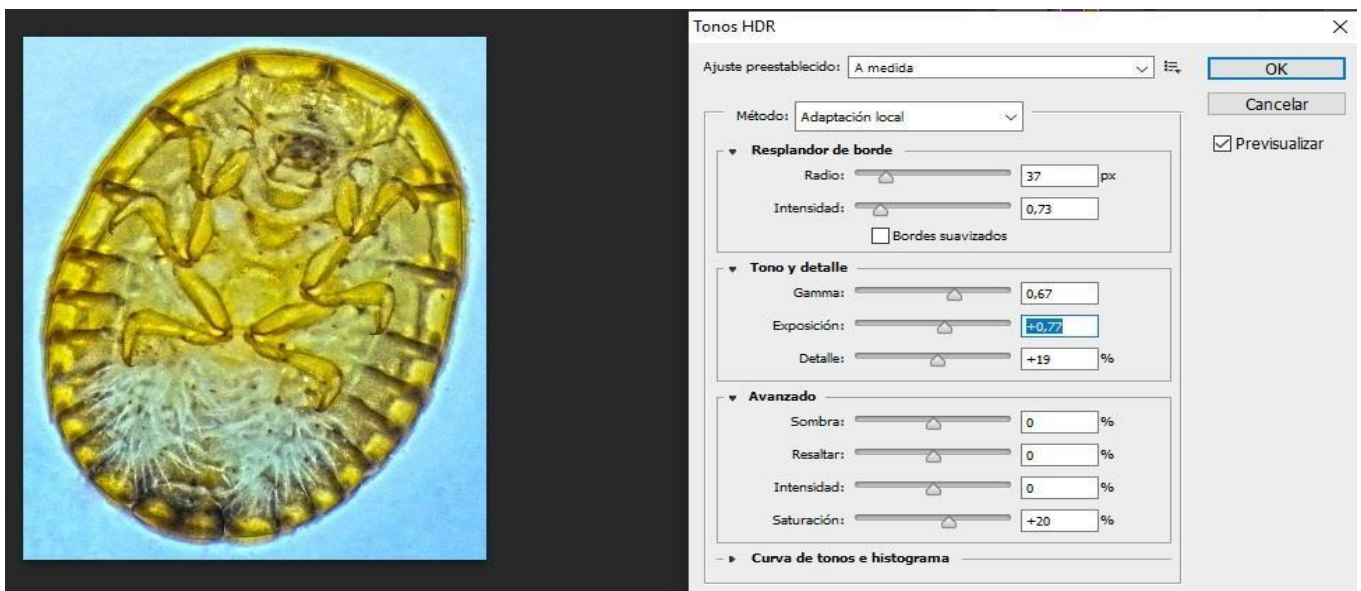


Figura 22. Ajuste de parámetros contraste, sombra y detalle en Photoshop

Para otros Ordenes y familias como el caso de la familia *Corydalidae* (Fig. 24) se ajustaron los parámetros de exposición, el cual modifica la cantidad de luz del fondo de la foto, detalle, el cual ayuda a resaltar los pixeles del fondo de la imagen y radio el cual se encarga de mejorar el contorno de la imagen (Fig. 25)



Figura 24. Familia *Corydalidae* mejora de exposición y detalle

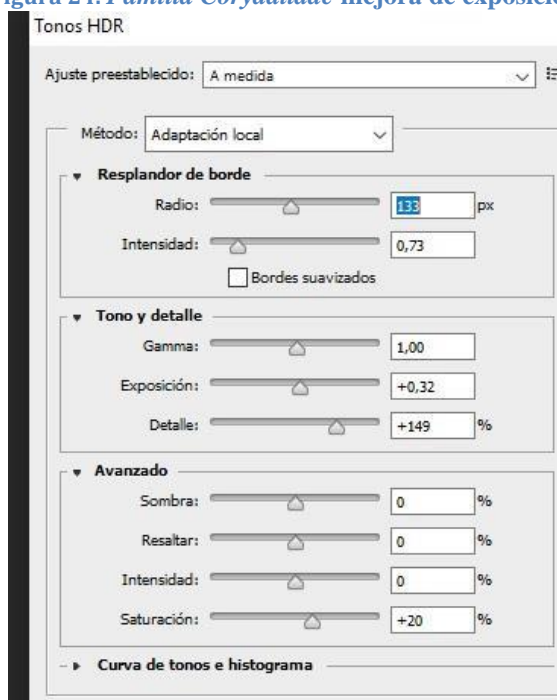


Figura 25. Ajuste radio, exposición y detalle

Luego del proceso de limpieza y mejora de las fotos se continuo con el proceso de estructurar la clave mediante fichas de identificación, con la finalidad de organizar a los macroinvertebrados por orden, (Fig. 26).

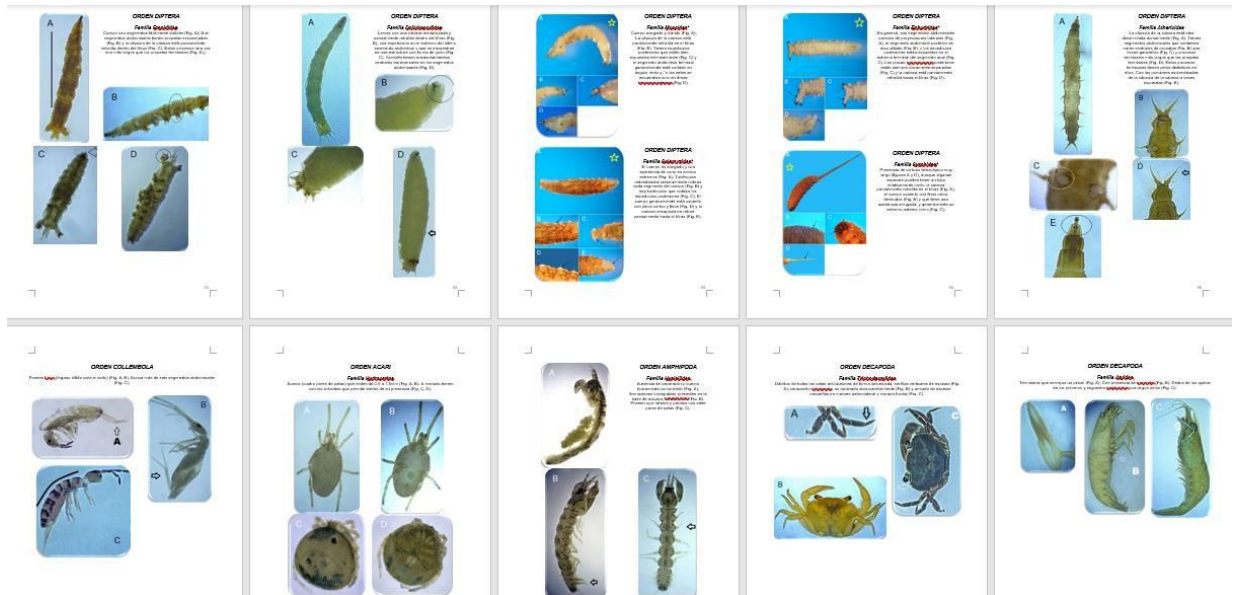


Figura 26. Separación por Ordenes ejemplo 1

Para el uso correcto de la Clave de identificación se explica de qué manera en que el lector debe seguir los procedimientos para conseguir identificar al individuo mediante las fichas. En cada ficha se detalla mediante un texto el Orden y la familia al cual pertenece el individuo, además en cada descripción de alguna característica morfológica se indica mediante paréntesis de que figura se está hablando, implementando para ello letras (A, B, C, etc.), flechas y círculos de distintos colores; buscando con ello señalar en la imagen de que parte del cuerpo del espécimen se está describiendo en el texto.

Se optó por implementar las fotos en dentro de una tabla sin bordes para que, al momento de mover una o varias figuras no se desordenen en la ficha. Además, se implementó el uso de flechas y círculos para explicar una o varias características del macroinvertebrado como ojos, patas, antenas, etc. (Fig. 27) (Fig. 28)

ORDEN EPHEMEROPTERA

*Familia Oligoneuriidae*

Sin branquias operculares (Fig. A); Branquias abdominales como espinas (Fig. B y C);  
Sin colmillos mandibulares (Fig. D).

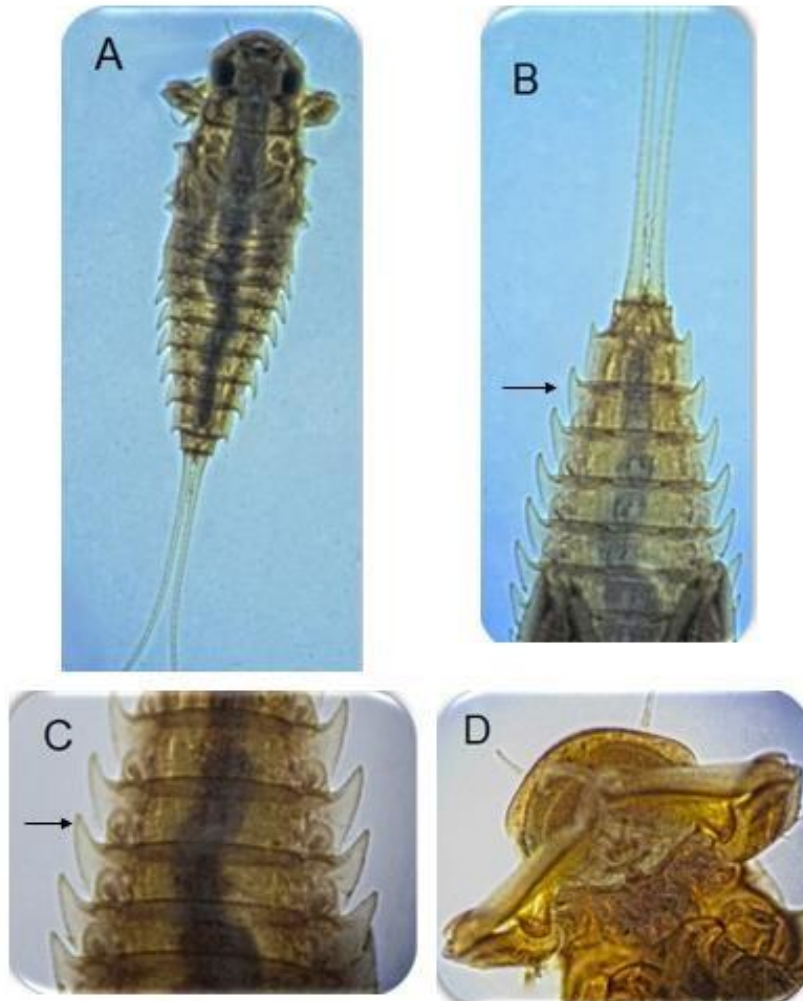


Figura 27. *Familia Oligoneuriidae* ejemplo 1

**ORDEN ODONATA: Zygoptera**

***Familia Platystictidae***

Abdomen estrecho (Fig. A). Tienen tres láminas caudales y sin branquias laterales (Fig. B);  
Prementon casi tan ancho en su base como en su extremo distal (Fig. C)

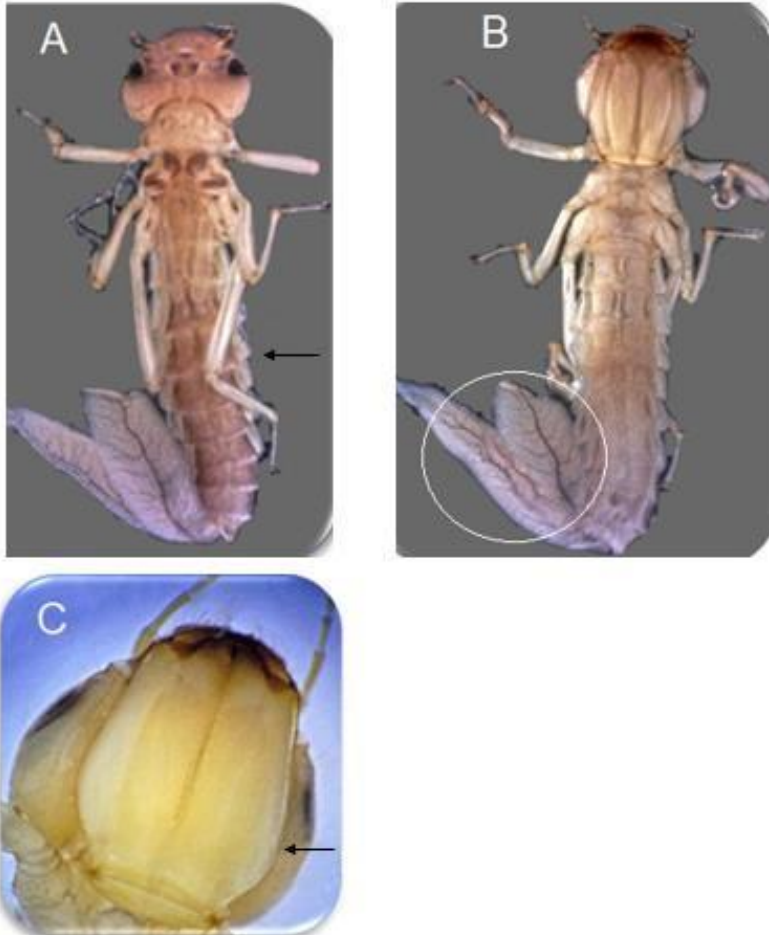


Figura 28. *Familia Platystictidae* ejemplo 2

En otras familias como la *familia Limoniidae* que perdían su color al ajustar los parámetros de luz, se implementó el filtro de saturación con el fin de mejorar los tonos de piel del espécimen (Fig. 29)



**Figura 29. Reajuste de colores con el uso del filtro saturación**

En cuanto a lo que se refiere a destacar detalles que se perdieron en la foto original en casos como la *familia Athericidae* (Fig. 30, 31) y la *familia Leptophlebiidae* (Fig. 32, 33) se puede apreciar como con ajustar ciertos parámetros en el filtro HDR se consiguió recuperar esas zonas del cuerpo del individuo desenfocadas.

**ORDEN DIPTERA**

**Familia Athericidae**

La cápsula de la cabeza está bien desarrollada dorsalmente (Fig. A). Tienen segmentos abdominales que contienen pares ventrales de propatas (Fig. B) que llevan ganchillos (Fig. C) y procesos terminales más largos que las propatas terminales (Fig. D). Estos procesos terminales tienen pelos distintivos en ellos. Con las porciones esclerotizadas de la cápsula de la cabeza a veces expuestas (Fig. E).

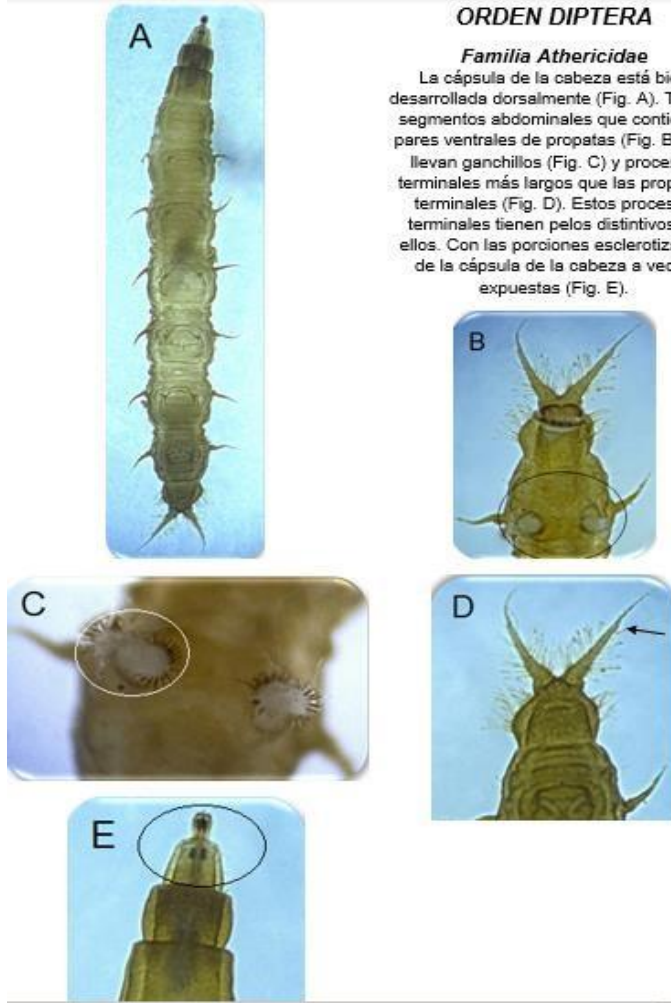


Figura 30. *Familia Athericidae* ejemplo 1



Figura 31. Ajuste del enfoque

ORDEN EPHEMEROPTERA

*Familia Leptophlebiidae*

Las almohadillas de sus alas traseras están más juntas y son alargadas (Fig. A), en mechones, con márgenes flecos o laminillas dobles que terminan en filamentos o puntos (Fig. B). El margen apicolateral de los maxilares tiene un cepillo denso de pelos (Fig. C, D).

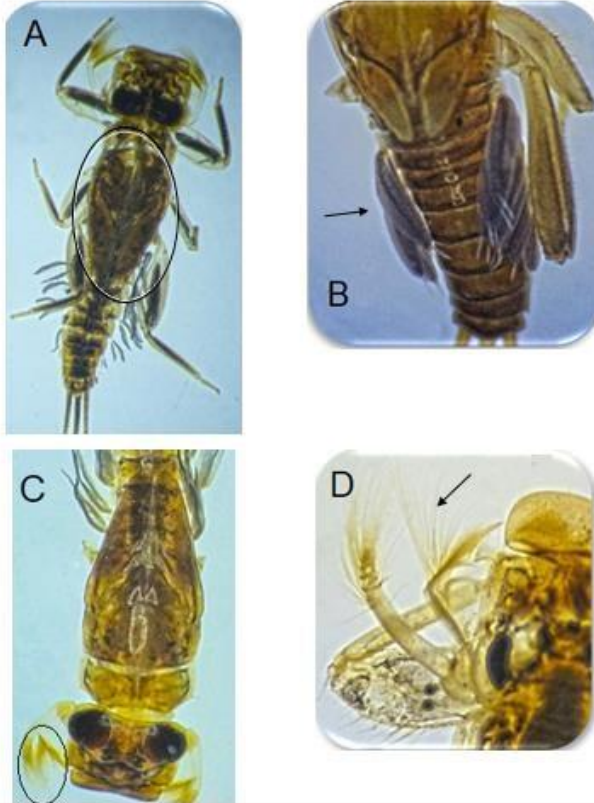


Figura 32. *Familia Leptophlebiidae* ejemplo 2



Figura 33. Ajuste de enfoque 2



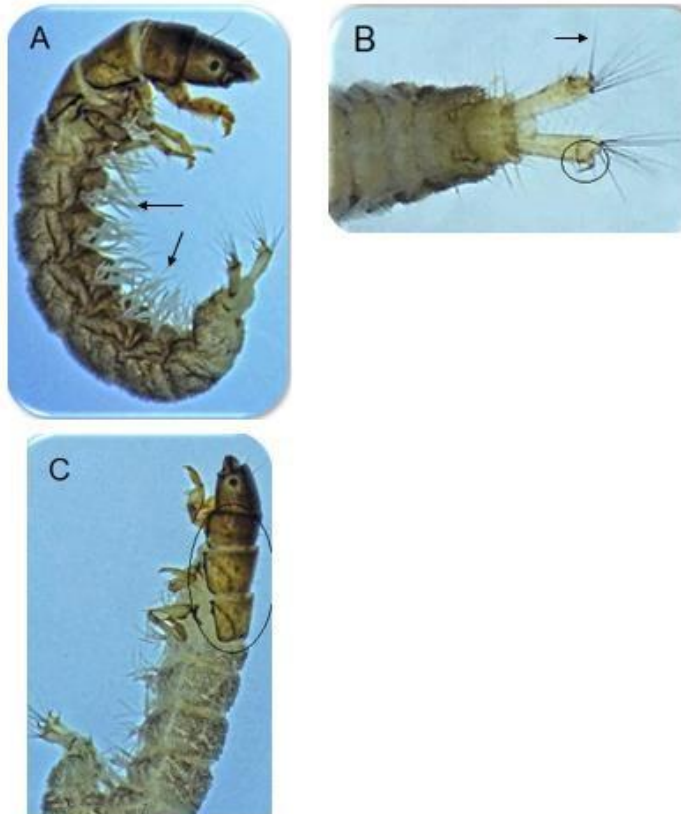
Se consideró importante que la caracterización de cada familia este en la misma carilla que las fotos de los ejemplares, ya que cuando se habla de una característica es más sencillo cotejar lo que se describe con la imagen que se encuentra en la misma página como en el caso de la *Familia Hydropsychidae* (Fig. 34)

---

**ORDEN TRICHOPTERA**

***Familia Hydropsychidae***

Abdomen con filas ventrolaterales de branquias (Fig. A) y un cepillo de pelos en la base de su garra anal (Fig. B, flecha negra). Su garra anal está en forma de gancho (Figura B, círculo negro) y los tres segmentos torácicos tienen placas dorsales esclerosadas presentes (Figura C).



---

Figura 34. Orden Trichoptera, Familia Hydropsychidae

## 5. DISCUSIÓN

Para introducir al lector en el tema de los macroinvertebrados, en la guía se incluyó definiciones de la importancia y el valor que tienen para determinar la calidad de agua de un ecosistema, en base a lo que explica Camargo en su estudio de 2005, el cual describe como se emplea la comunidad de macroinvertebrados para estudios de índices ecológicos (10).

Ladrera en su estudio del 2013 explicó cómo mejorar los métodos existentes para evaluar la calidad de los ecosistemas, además de cómo se deben emplear guías de identificación como herramientas de apoyo (19); Esto se consideró al momento de trabajar en la guía para definir que parámetros y complementos deberían de incluirse como: el manual de muestreo, que estructura tendría la clave de identificación y como se deben usar los equipos de muestreo y laboratorio.

Para la elaboración de esta guía de identificación se consideró importante añadir los procedimientos para realizar muestreos, como en el estudio de Carrera en 2001, donde se implementó un manual para el monitoreo de macroinvertebrados, el cual explica de manera sencilla todo lo que hay que conocer sobre los procedimientos a seguir en una salida de campo (21); Tomando como referencia esto, se consideró añadir en esta guía un manual ya que es una información que ayuda a los lectores y practicantes nuevos en este tema, a seguir las pautas con las que deben proceder en las salidas de campo, además de indicar que materiales de deben llevar y como se deben manipular las muestras en el laboratorio.

En lo que se refiere al diseño que debería tomar esta guía, se tomó como referencia el estudio de Reyes en 2016 donde explica que diseños son ideales para las publicaciones científicas (14), por lo que en la elaboración de esta guía se buscó un diseño que no sea demasiado técnico, sino que sea un diseño más explicativo y sencillo para los lectores que recién se involucran en el tema de los Macroinvertebrados.

Para esta guía de identificación se tomó como referencia otras guías que se basan en zonas específicas, como en el estudio de Gutiérrez en 2015 donde uso una estructura simple en su clave de identificación, en la cual se incluye una foto con la descripción del individuo

(18), por lo que en este proyecto se tomó en cuenta que este aspecto, favorecería a que el lector no tenga la necesidad de buscar en páginas posteriores y se le dificulte en cierta medida cotejar la foto con la descripción.

En la guía de identificación realizada por Gyorgy en 2013 se usaron fotos de macroinvertebrados simulando su ecosistema natural, lo que permitió tomar fotos de los individuos con un realismo significativo (17), en esta guía como no se contó con este tipo de sistemas fotográficos, se optó por usar herramientas de mejora de fotos que simulan el realismo del individuo al emplear filtros que mejoran cada detalle del espécimen fotografiado.

Para el diseño general de la guía se tomó en cuenta las características de la impresión en base a factores de comodidad para los lectores, como es el caso de si debe ir anillada para facilitar la movilidad de las páginas, también el formato de la hoja si debe ser pequeña para movilizarla en el campo o si debe ser A4 para trabajarla en el laboratorio y si la guía debe llevar separadores que clasifiquen los órdenes de los individuos, para facilitar la búsqueda de un orden determinado. Al igual que se especifica en la publicación de Costa en el 2014 donde explica parámetros importantes que se deben considerar en la comunicación visual de una publicación científica (12),

## **6. CONCLUSIONES**

Gracias a que se usó un buen equipo de fotografía y edición se creó un catálogo con una gran cantidad de imágenes en las que se aprecian bien las características de los Órdenes, además de que se amplió más la cantidad de nuevas familias que hacía falta añadir en la guía que se publicó en 2013.

Con el uso de los filtros HDR del programa de edición Photoshop se consiguió que no solo se mejore la calidad de las imágenes, sino que también se aprecien los detalles de las características del individuo que se pierden en las imágenes originales, debido a factores como, la iluminación, el desenfoque, el contraste, entre otros.

En la Clave a través de la estructura sencilla y la implementación de fichas de identificación, no solo se consiguió que cada familia cuente con figuras para ayudar a identificar al individuo, sino que además en cada descripción de alguna característica morfológica se indicó mediante paréntesis a que figura se estaba haciendo referencia, implementando para ello letras (A, B, C, etc.), flechas y círculos de distintos colores; para que de esta manera el lector pueda comprender que partes del cuerpo está analizando al momento de la identificación.

Por otro lado, al redactar un capítulo sobre el manual de los métodos de muestreo, procesamiento de muestras y manipulación de equipos, se consiguió explicar todos los pasos que deben seguir aquellos lectores que quieran realizar un muestreo, análisis e identificación de macroinvertebrados en el laboratorio, con el fin de que se obtengan buenos resultados cuando los lectores realicen su respectivo trabajo.

La clave para la identificación de Macroinvertebrados cuenta hasta ahora con una amplia cantidad órdenes que van aumentando al igual que las familias ya que en cada nuevo muestreo se encuentran nuevos ejemplares para añadir a la guía hasta su publicación más adelante.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la mejora continua de la guía de identificación para que los Órdenes y familias nuevas que se encuentren en posteriores proyectos se puedan añadir a guía y sea una publicación mucho más completa.

Es importante también seguir aprovechando las herramientas de edición de fotos para futuras publicaciones con imágenes de especies animales ya que son de mucha ayuda al mejorar detalles como vimos en esta guía.

Es significativo seguir los pasos del manual de muestreo ya que son pasos que se siguieron desde la primera guía publicada en 2013 y se han ido enseñando en todos estos años a los estudiantes de Gestión ambiental que han trabajado con Macroinvertebrados

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Martorell V, José J. Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa. 2010;
2. Herrero Barrero T. Impacto de los drenajes ácidos en los ecosistemas acuáticos producidos por la minería del carbón en El Bierzo: bioacumulación de metales pesados y evolución de las comunidades biológicas. 2014;
3. Marqués MJ, Martínez-Conde E, Rovira J V. Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados. *Ecotoxicol Environ Restor.* 2001;4(1):25–31.
4. Durán C. Clave Dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Zaragoza Confed Hidrogr del Ebro. 2011;
5. Escudero JO, Galicia D, Miranda R. Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro; 2011.
6. Sanz CM, Universidad P, Del C. Guía para el reconocimiento de los principales grupos de macroinvertebrados fluviales de Esmeraldas ( Ecuador ). (Cid).
7. Pérez GR. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Acad Colomb Cienc.* 1999;23(88):375–87.
8. Pérez-Osorno M, Betancur-Vargas A, Orozco-Cardona N, Lezcano-Arango J. Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados en la fuente hídrica quebrada Careperro de la Vereda la Chuscalita ubicada en el corregimiento de Güíntar en área empleada para la explotación aurífera, municipio de Anzá, Antioquia, 20151.
9. Oscoz J, Galicia D, Miranda R. Identification Keys. In: Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain. Springer; 2011. p. 7–45.
10. Alonso A, Camargo JA. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Rev Ecosistemas.* 2005;14(3).
11. Cobarrubia M. R cieq R cieq. 2015;72–91.
12. Costa J. Diseño de Comunicación Visual: el nuevo paradigma. *Grafica [Internet].* 2014;2(4):89–107. Available from: <http://revistes.uab.cat/grafica/article/view/v2n4-costa>

13. Laura Blanco y Vanesa Gaido. No Title. mito [Internet]. 2013; Available from: <http://revistamito.com/que-es-la-ilustracion-cientifica/>
14. Reyes L. El Diseño Editorial. Guía para la realización de libros y revistas. 2016;71. Available from: [http://eprints.ucm.es/39751/1/TFM - autor Leonardo Guerrero Reyes.pdf](http://eprints.ucm.es/39751/1/TFM_-_autor_Leonardo_Guerrero_Reyes.pdf)
15. Segnini S. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*. 2003;16(2):45–63.
16. González N, Mateo SS, Valdivia ÁM. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani*. 2014;68:53–63.
17. Kriska G. Freshwater Invertebrates in Central Europe [Internet]. 2013. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-7091-1547-3>
18. Gutiérrez Y, Dias LG. Ephemeroptera (Insecta) de Caldas-Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Papéis Avulsos Zool (São Paulo)*. 2015;55(2):13–46.
19. Ladrera R, Rieradevall M, Prat N. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza E-Revista Didáctica I*. 2013;1–18.
20. Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Esmeraldas. Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Gadp Esmeraldas. 2011; Available from: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL\\_DEL\\_PDT\\_PROVINCIAL/INFORMACION\\_GADPEsmeraldas sin editar.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDT_PROVINCIAL/INFORMACION_GADPEsmeraldas_sin_editar.pdf)
21. Carrera C, Fierro K. Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua [Internet]. 2001. 1–57 p. Available from: <http://www.ecociencia.org/archivos/ManualLosmacroinvertebradosacuaticos100806.pdf>

## 9. ANEXOS